

# Ondas – Conceitos e definições

## Ondas – Conceitos e definições

Ondulatória é a parte da Física que estuda as ondas, como por exemplo, a onda numa corda, onda do mar, ondas eletromagnéticas, como a luz, ondas sonoras, como o som, etc.

☛ **Pulso de onda** → qualquer perturbação (vibração, abalo) que se propaga em um determinado meio.

☛ **Fonte** → qualquer elemento que origine os pulsos provocando a perturbação. A fonte fornece energia ao sistema (meio) no qual as ondas vão se propagar.

☛ **Meio** → local onde a onda está se propagando.

### Exemplo de pulso:



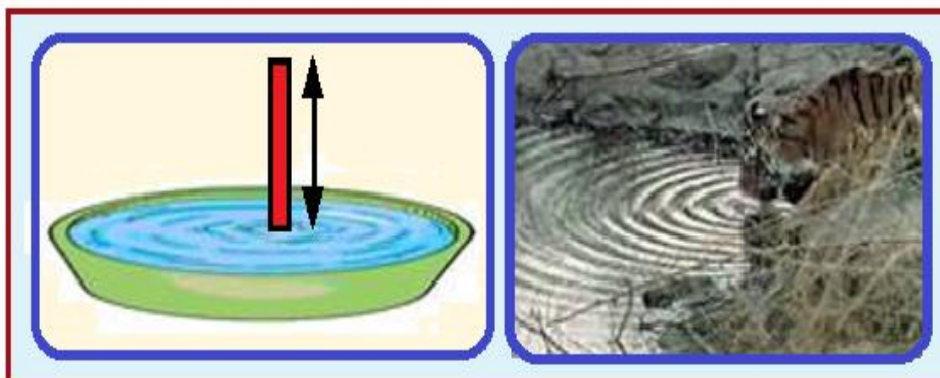
☛ **Onda** → sucessão periódica de pulsos.

### Exemplo de onda:



☛ **Outros exemplos de ondas:**

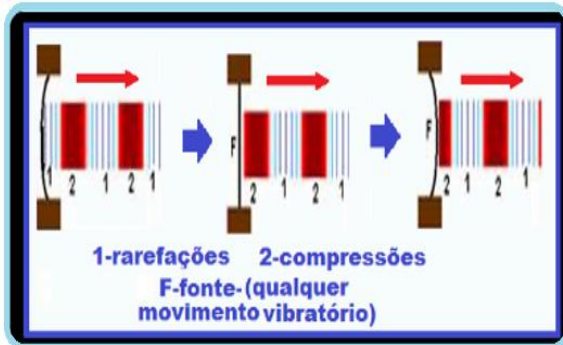
→



Quando a ponta da régua bate continuamente e periodicamente na superfície da água contida num

recipiente origina contínuas perturbações circulares (pulsos)

**circulares, denominados ondas) que se movem na superfície da água, afastando-se do ponto onde as perturbações são geradas. A fonte é a régua e o meio, a água.**



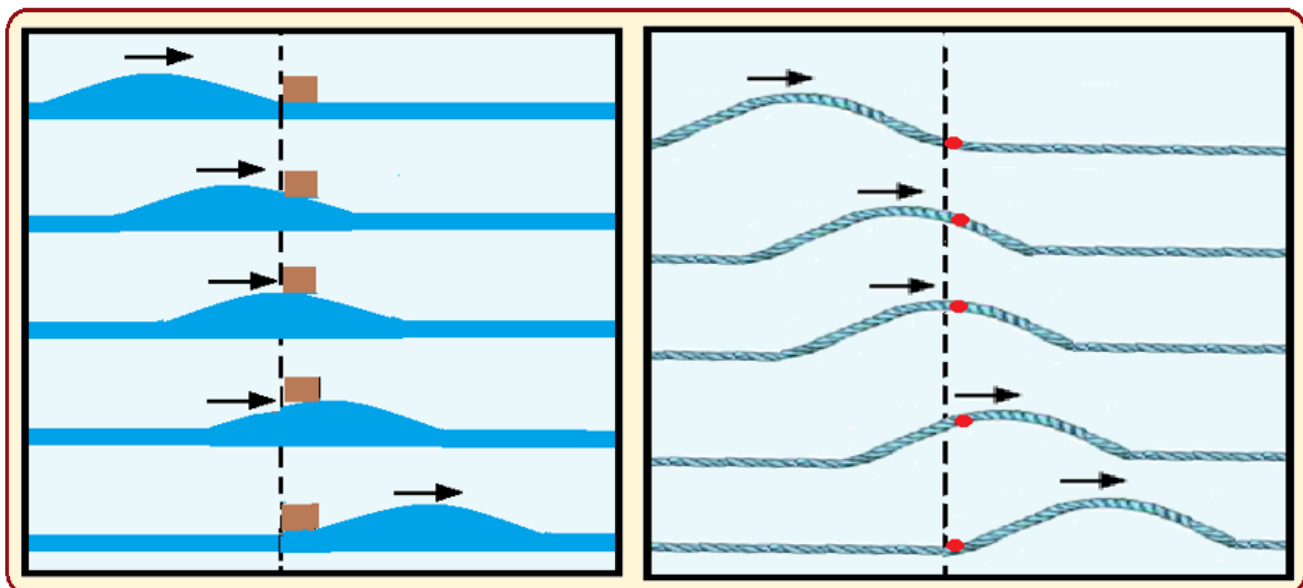
Uma corda de violão vibrando provoca compressões e rarefações no ar atmosférico ao seu redor, expandindo-se no espaço (três dimensões), sob forma de onda sonora. A fonte é a corda do violão vibrando e o meio é o ar.

**Assim,**

**devido à propagação do som, você ouve um trovão sem que a matéria (ar) se desloque das nuvens até nossos ouvidos. Essas e outras situações são descritas pela física usando o conceito de ondas.**

**A onda é unicamente energia, pois ela apenas transfere energia da fonte (mão, régua, corda vibrando, etc) para o meio (água, corda, ar). A energia que é fornecida pela fonte ao meio é que irá viajar pelo mesmo em forma de onda.**

**Assim, uma rolha flutuando na superfície da água não será transportada pela passagem da onda, apenas oscilará em movimento vertical, subindo e descendo.**



O mesmo acontecerá com uma mancha na corda.

Portanto, qualquer tipo de onda transporta energia entre os pontos do meio, mas não transporta matéria.

# Natureza das ondas

## Ondas mecânicas

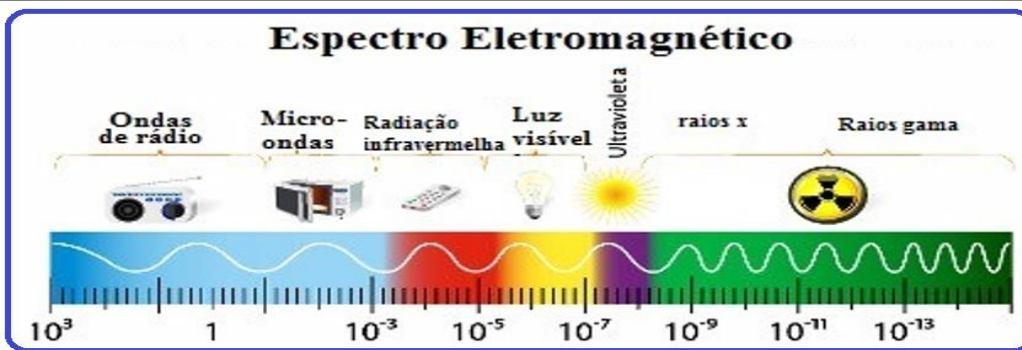
Ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar, transportando energia.

Exemplos: Ondas no mar (o meio é a água), ondas sonoras (o meio pode ser ar, água, etc.), ondas em uma corda (o meio é a corda), etc.

Todas essas perturbações são causadas em meios materiais.

## Ondas eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas são ondas que não precisam de um meio material para se propagar, transportando energia.



Também podem se propagar em meios materiais.

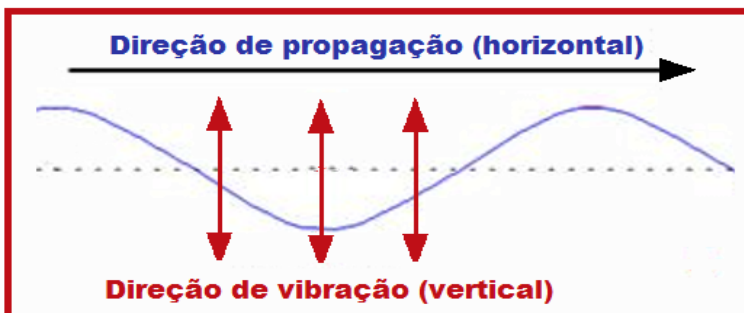
A luz é uma onda eletromagnética, pois se propaga no vácuo, no ar, na água, etc.

Outros exemplos: microondas, raio-x, ondas de rádio, etc.

## Tipos de ondas

### Ondas transversais

Ondas transversais são ondas nas quais a direção de propagação é perpendicular à direção de vibração.



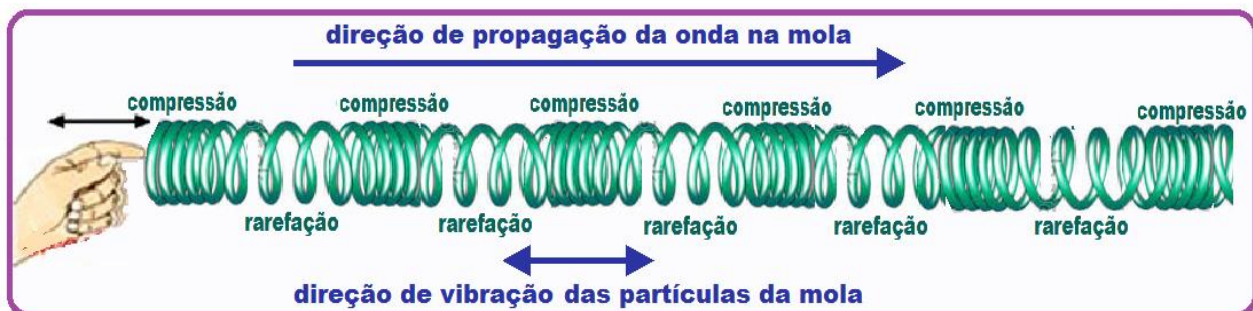
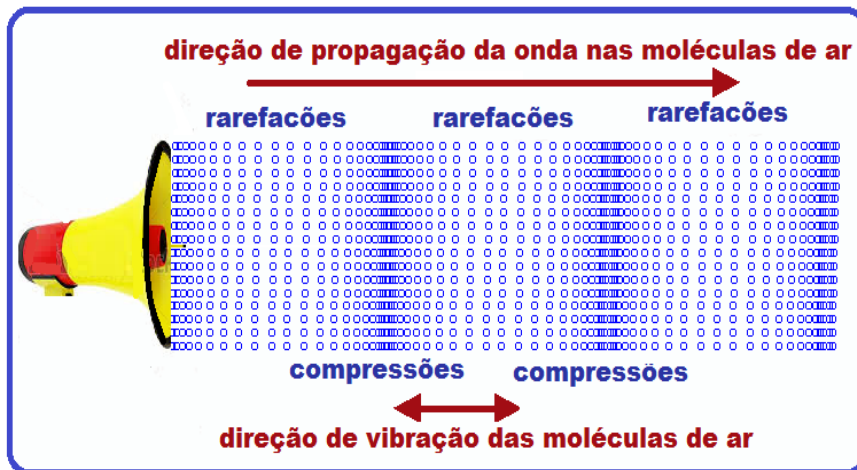
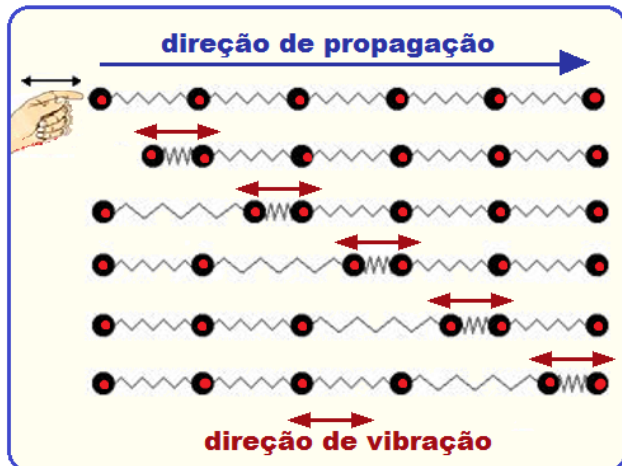
Exemplos: ondas numa corda, ondas na água, ondas eletromagnéticas, etc.

À medida que a onda se propaga para a direita (direção horizontal), as partículas do meio (mancha na corda, molécula da água) se movem na direção vertical, subindo e descendo.

### Ondas longitudinais

Nas ondas longitudinais a direção de propagação coincide com a direção de oscilação.

Exemplos: ondas sonoras, ondas numa mola, etc. (a membrana do alto falante vibra no eixo x, e as ondas seguem essa mesma direção).



As ondas se movem através de uma série de compressões e rarefações em um meio (ar, mola) se propagando, nas figuras acima, na direção horizontal e onde as moléculas de ar ou cada ponto da mola vibram também nessa direção, horizontal.

## Direção de propagação das ondas







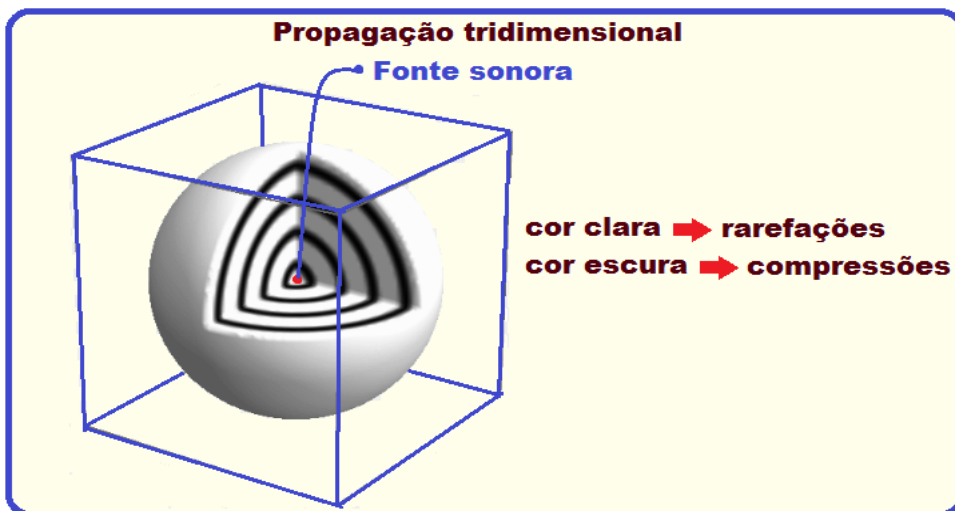
Ondas unidimensionais → propagam-se somente em uma única direção (dimensão).

Exemplo: onda em uma corda.



Ondas bidimensionais → propagam-se em duas direções (dimensões).

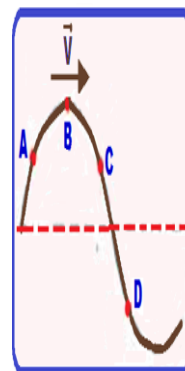
Exemplo: onda provocada pela queda de uma pedra na superfície da água.



Ondas tridimensionais → propagam-se em três direções (dimensões).

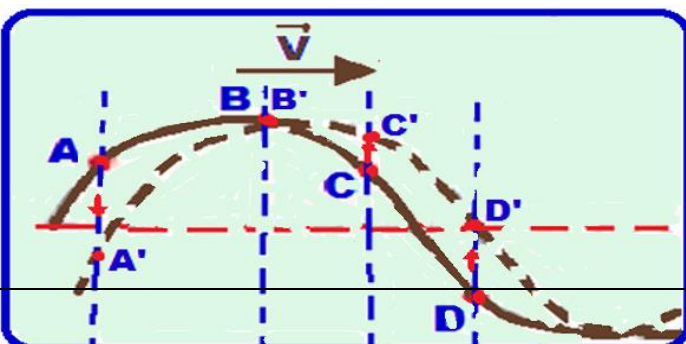
Exemplos: ondas sonoras, luminosas, etc.

Representação da direção e sentido da velocidade  $\vec{V}$  de um ponto da corda.



Considere uma onda transversal propagando-se numa corda, com velocidade constante  $V$ , num determinado instante  $t$ .

Lembre-se de que os pontos da corda não são transportados para a direita, movem-se apenas na vertical, subindo ou descendo.



Se quisermos, neste instante  $t$ , representar as velocidades de cada ponto, devemos representar (desenhar) a mesma onda num instante  $t'$ , imediatamente posterior a  $t$ ,

um um pouco mais à frente (linha tracejada)

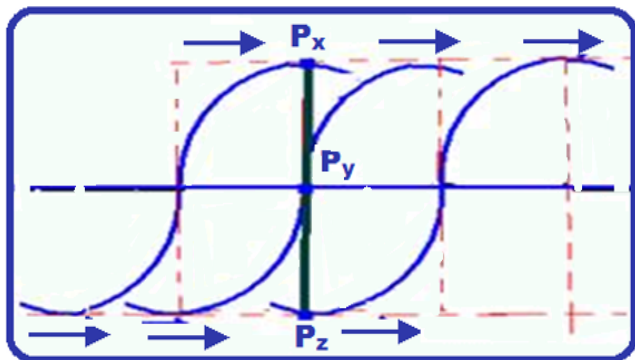
Como os pontos movem-se apenas na vertical, observe que no instante  $t$  (linha cheia) o ponto A está descendo passando, no instante posterior  $t'$ , para A'.

O ponto B está em repouso, pois está no ponto mais alto, na iminência de inverter o sentido para começar a descer  $V_B = 0$ .

Os pontos C e o ponto D estão subindo, passando, no instante posterior  $t'$ , para C' e D', respectivamente.

## Variação da intensidade da velocidade vertical $\bar{v}$ do movimento de qualquer ponto da corda, à medida que a onda se desloca.

À medida que a onda da figura se move para a direita, a intensidade da velocidade do movimento vertical de um ponto P da corda no 'sobe e desce', tem as seguintes características (figura):



A velocidade é nula na parte superior ( $P_x$ ), aumenta até atingir o ponto médio ( $P_y$ ) onde é máxima e vai diminuindo até atingir a parte inferior ( $P_z$ ), onde se torna nula. Na volta, subindo, acontece a mesma coisa  $V_{Pz} = 0$ ,  $V_{Py}$  é máxima em módulo e  $V_{Px}$  é nula.

## O que você deve saber, informações e dicas



Onda não transporta matéria, apenas energia.



O som é uma onda mecânica (precisa de um meio material para se propagar) longitudinal (direção de propagação coincide com a direção de oscilação)



A luz é uma onda eletromagnética (não precisa de meio material para se propagar) transversal (direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação).



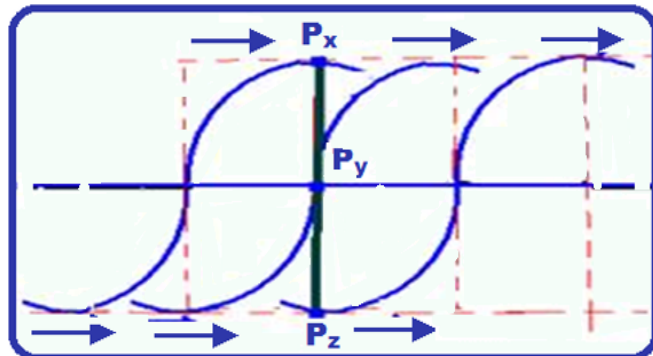
Variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também variáveis e assim por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias através das ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo com velocidade constante de  $3,0 \cdot 10^8$  m/s, inclusive a luz.



	Onda mecânica	Onda eletromagnética	Onda longitudinal	Onda transversal
Som no ar	×		×	
Luz		×		×
Onda na corda	×			×
Radar		×		×
Sonar	×		×	



À medida que a onda da figura se move para a direita, a intensidade da velocidade do movimento vertical de um ponto P da corda no 'sobe e desce', tem as seguintes características (figura):



A velocidade é nula na parte superior ( $P_x$ ), aumenta até atingir o ponto médio ( $P_y$ ) onde é máxima e vai diminuindo até atingir a parte inferior ( $P_z$ ), onde se torna nula. Na volta, subindo, acontece a mesma coisa  $V_{P_z} = 0$ ,  $V_{P_y}$  é máxima em módulo e  $V_{P_x}$  é nula.



Muitas vezes, as ondas transportam energia sem transportar matéria. Mas, em algumas situações, pode ocorrer o transporte de energia de um local no espaço para outro, sem haver o transporte de matéria.

Essa situação pode ocorrer na propagação de calor no processo de radiação, onde o Sol emite energia através de suas reações atômicas e essa energia chega até à Terra sem que ocorra transmissão de matéria.

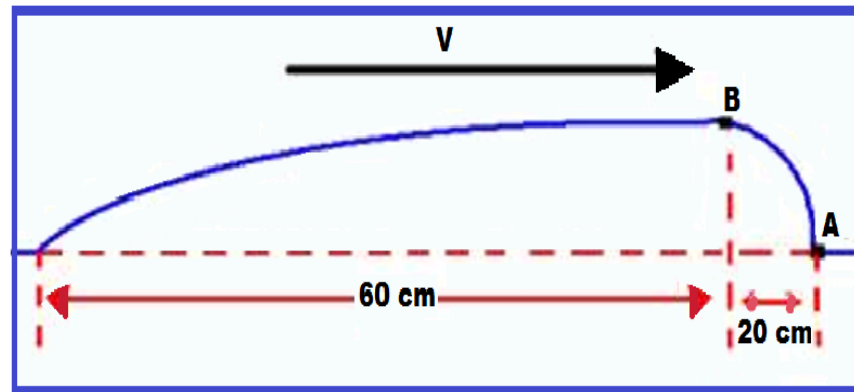


Exercício interessante o qual você deveria verificar a resolução:

**01-(UFRJ)** A figura representa a fotografia, em um determinado instante, de uma corda na qual se

propaga um pulso assimétrico para a direita.

Seja  $t_A$  o intervalo de tempo necessário para que o ponto A da corda retorne à sua posição horizontal de equilíbrio; seja  $t_B$  o intervalo de tempo necessário para que o ponto B da corda



retorne à sua posição horizontal de equilíbrio. Tendo em conta as distâncias indicadas na figura, calcule a razão  $t_A/t_B$ .

### **Resolução:**

Para retornar ao equilíbrio o ponto B deverá se deslocar de  $\Delta S_B = 60\text{cm} = 0,6\text{m} \rightarrow V = \Delta S_B/t_B \rightarrow$

$$V = 0,6/t_B.$$

Para retornar ao equilíbrio o ponto A deverá se deslocar de  $\Delta S_A = 80\text{cm} = 0,8\text{m} \rightarrow V = \Delta S_A/t_A \rightarrow$

$$V = 0,8/t_A.$$

Como a velocidade é a mesma para os dois pontos  $\rightarrow 0,6/t_B = 0,8/t_A \rightarrow t_A/t_B = 4/3.$

## **Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre**

### **Ondas – Conceitos e definições**

**01-(UFG)** As ondas eletromagnéticas foram previstas por Maxwell e comprovadas experimentalmente por Hertz (final do século XIX). Essa descoberta revolucionou o mundo moderno. Sobre as ondas eletromagnéticas são feitas as afirmações:

I. Ondas eletromagnéticas são ondas longitudinais que se propagam no vácuo com velocidade constante  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

II. Variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também dependentes do tempo e assim



por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias.

III. São exemplos de ondas eletromagnéticas muito freqüentes no cotidiano: ondas de rádio, sonoras, microondas e raios X.

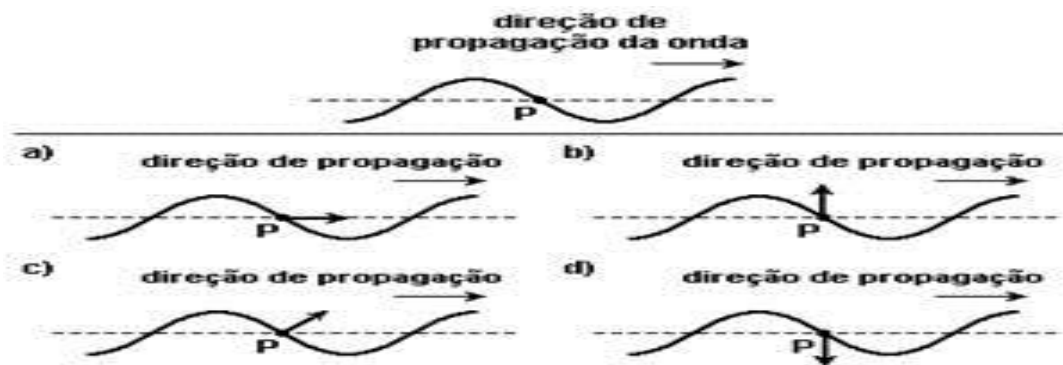
Está correto o que se afirma em:

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

**02- (UFMG)** Enquanto brinca, Gabriela produz uma onda transversal em uma corda esticada. Em certo instante, parte dessa corda tem a forma mostrada na figura a seguir.

A direção de propagação da onda na corda também está indicada na figura.

Assinale a alternativa em que estão representados CORRETAMENTE a direção e o sentido do deslocamento do ponto P da corda, no instante mostrado.



**03-(UFMS)** Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. As ondas sonoras no ar são \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. A velocidade das ondas sonoras em outro meio é \_\_\_\_\_.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) eletromagnéticas – transversais – igual
- b) mecânicas – longitudinais – igual

c) mecânicas – transversais – diferente

d) eletromagnéticas – longitudinais – igual

e) mecânicas – longitudinais – diferente

**04-(UFPEL)** Recentemente o físico Marcos Pontes se tornou o primeiro astronauta brasileiro a ultrapassar a atmosfera terrestre.

Diariamente existiam contatos entre Marcos e a base, e alguns deles eram transmitidos através dos meios de comunicação.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que conseguíamos “ouvir” e “falar” com Marcos porque, para essa conversa, estavam envolvidas

a) apenas ondas mecânicas – transversais – já que estas se propagam, tanto no vácuo como no ar.

b) apenas ondas eletromagnéticas – longitudinais – já que estas se propagam, tanto no vácuo como no ar.

c) ondas eletromagnéticas – transversais – que apresentam as mesmas frequências, velocidade e comprimento de onda, ao passar de um meio para outro.

d) ondas mecânicas – transversais – que apresentam as mesmas frequências, velocidade e comprimento de onda, ao passar de um meio para outro.

e) tanto ondas eletromagnéticas – transversais – que se propagam no vácuo, como ondas mecânicas – longitudinais – que necessitam de um meio material para a sua propagação.

**05-(UFRS)** São exemplos de ondas os raios X, os raios gama, as ondas de rádio, as ondas sonoras e as ondas de luz. Cada um desses cinco tipos de onda difere, de algum modo, dos demais.

Qual das alternativas apresenta uma afirmação que diferencia corretamente o tipo de onda referido das demais ondas acima citadas?

a) Raios X são as únicas ondas que não são visíveis.

b) Raios gama são as únicas ondas transversais.

c) Ondas de rádio são as únicas ondas que transportam energia.

d) Ondas sonoras são as únicas ondas longitudinais.

e) Ondas de luz são as únicas ondas que se propagam no vácuo com velocidade de 300000 km/s.

-

**06-(UFSCAR-SP) A diferença entre ondas mecânicas, como o som, e eletromagnéticas, como a luz, consiste no fato de que**

a) a velocidade de propagação, calculada pelo produto do comprimento de onda pela frequência, só é assim obtida para ondas eletromagnéticas.

b) as ondas eletromagnéticas podem assumir uma configuração mista de propagação transversal e longitudinal.

c) apenas as ondas eletromagnéticas, em especial a luz, sofrem o fenômeno denominado difração.

d) somente as ondas eletromagnéticas podem propagar-se em meios materiais ou não materiais.

e) a interferência é um fenômeno que ocorre apenas com as ondas eletromagnéticas.

-

**07-(UNESP-SP)**

I. Uma onda transporta partículas do meio pelo qual passa.

II. As ondas sonoras são perturbações que não podem se propagar no vácuo.

III. Quando uma onda mecânica periódica se propaga em um meio, as partículas do meio não são transportadas pela onda.

IV. Uma onda é transversal quando sua direção de propagação é perpendicular à direção de vibração

Das afirmações acima, são verdadeiras:

a) somente I e II

b) somente II e III

c) somente III e IV

d) somente II, III e IV

e) todas

-

**08-(UNICAMP-SP)** A figura I representa um pulso transversal propagando-se da esquerda para a

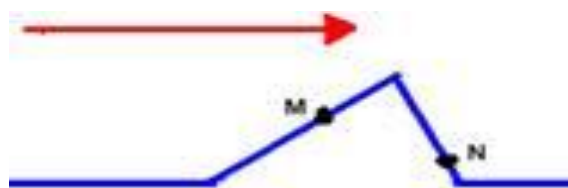
direita numa corda ideal, longa e esticada.. Num dado instante  $t_0$ , os pontos A, B e C da corda encontram-se nas posições indicadas na figura II. Quais devem ser a direção e o sentido da velocidade de cada um dos pontos A, B e C no instante



$t_0$ ?

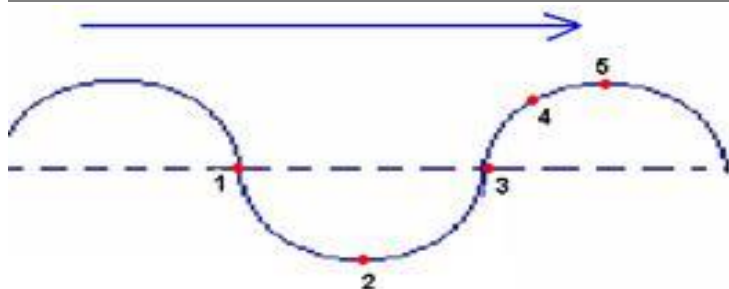
**09-(CESGRANRIO-RJ)** O pulso triangular, dado abaixo, se

movimenta para a direita ao longo de uma corda ideal.



Desenhe, no instante considerado, as velocidades dos pontos M e N da corda.

**10-(UFCE)** A figura a seguir representa uma corda harmônica que se propaga, para a direita, em uma corda homogênea. No instante representado 1, 2, 3, 4 e 5.



Assinale a alternativa correta:

a) os pontos 1 e 3 tem velocidade nula

b) os pontos 2 e 5 tem velocidade máxima

c) o ponto 4 tem velocidade maior que o ponto 1

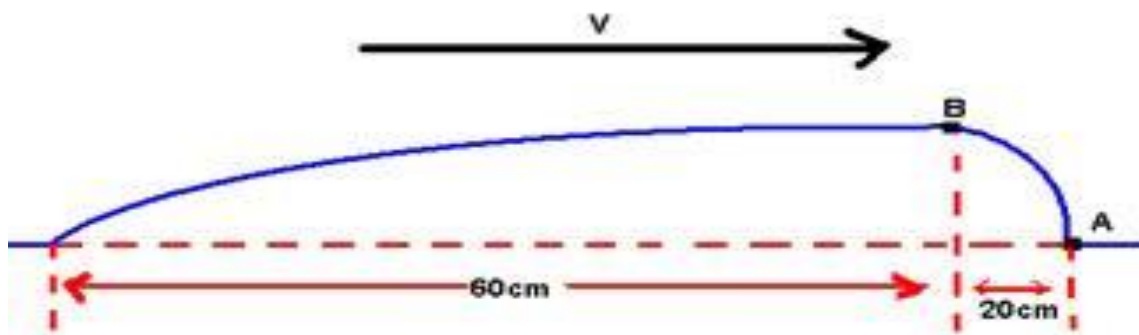
d) o ponto 2 tem velocidade maior que o ponto 3

e) os pontos 1 e 3 tem velocidade máxima

**11-(UFRJ)** A figura representa a fotografia, em um determinado instante, de uma corda na qual se



propaga um pulso assimétrico para a direita. Seja  $t_A$  o intervalo de tempo necessário para que o ponto A da corda retorne à sua posição horizontal de equilíbrio; seja  $t_B$  o intervalo de tempo necessário para que o ponto B da corda retorne à sua posição horizontal de equilíbrio. Tendo em conta as distâncias



indicadas na figura, calcule a razão  $t_A/t_B$ .

**12- (FUVEST-SP)**

A figura representa, nos instantes  $t=0$  e  $t=2$ s, as configurações de uma corda sob tensão constante, na qual se propaga um pulso cuja forma não varia.

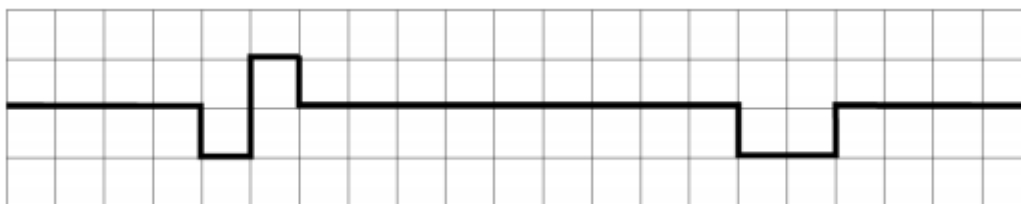
a) Qual é a velocidade de

propagação do pulso?

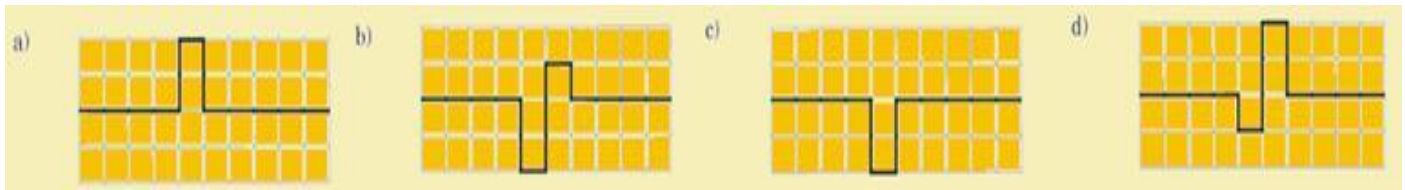
b) Indique, na figura, a direção e o sentido das velocidades dos pontos materiais A e B no instante  $t=0$ .

**13-(FGV-SP)**

A figura mostra dois pulsos que se movimentam em sentidos contrários, um em direção ao outro sobre a mesma corda, que pode ser considerada ideal.



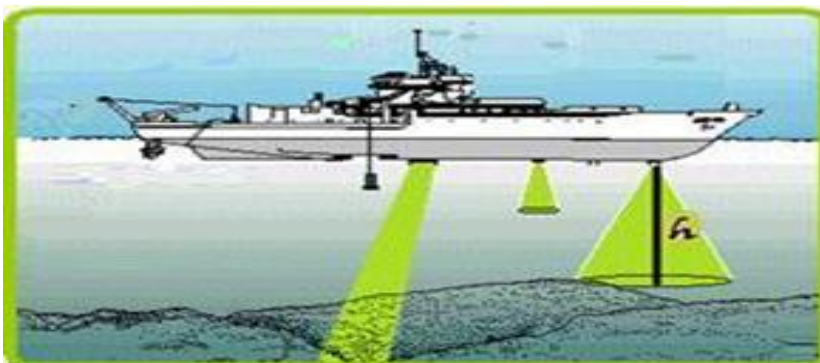
No momento em que houver sobreposição total, a disposição esperada para os pontos da corda estará melhor indicada por:



#### 14- (UEPB-PB)



O SONAR (sound navigation and ranging) é um dispositivo que, instalado em navios e submarinos, permite medir profundidades oceânicas e detectar a presença de obstáculos. Originalmente foi desenvolvido com finalidades bélicas durante a Segunda Guerra Mundial (1939- 1945). para permitir a localização de



submarinos e outras embarcações do inimigo, O seu princípio é bastante simples, encontrando-se ilustrado na figura abaixo.

Inicialmente é emitido um impulso sonoro por um dispositivo instalado no navio, A sua frequência dominante é

normalmente de 10 kHz a 40kHz. O sinal sonoro propaga-se na água em todas as direções até encontrar um obstáculo. O sinal sonoro é então refletido (eco) dirigindo-se uma parte da energia de volta para o navio onde é detectado por um hidrofone.

Acerca do assunto tratado no texto analise a seguinte situação-problema:

Um submarino é equipado com um aparelho denominado sonar, que emite ondas sonoras de frequência  $4.0.10^4$  Hz. A velocidade de propagação do som na água é de  $1,60.10^3$  m/s. Esse submarino, quando em repouso na superfície, emite um sinal na direção vertical através do oceano e o eco é recebido após 0,80s. A profundidade do oceano nesse local e o comprimento de ondas do som na água, em metros, são, respectivamente:

a) 640 e  $4.10^{-2}$  \_\_\_\_\_

b) 620 e  $4.10^{-2}$  \_\_\_\_\_

c) 630 e  $4,5 \cdot 10^{-2}$

d) 610 e  $3,5 \cdot 10^{-2}$

e) 600 e  $3 \cdot 10^{-2}$

### 15-(UNEMAT-MT)



Na natureza existem diversas formas de radiação, ionizantes e não ionizantes. As ionizantes possuem energia capaz de ionizar células; dentre elas destacam-se os raios gama, raios-x, partículas alfa e partículas beta. As radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para ionizar células. Dentre elas, podemos citar infravermelho, radiação ultravioleta, micro-ondas.

Das aplicações tecnológicas abaixo, assinale aquela que corresponde ao uso de ondas mecânicas em sua finalidade.

a. Radioterapia, usada para tratamento de câncer.

b. Ultra-sonografia, bastante usada para observar o feto no útero materno.

c. Tomografia computadorizada, usada para ver os detalhes do corpo em múltiplas imagens, “fatias”.

d. Pantomografia, requisitada pelos ortodontistas antes de se colocar o “aparelho” nos dentes.

e. Bronzeamento artificial, usado nas clinicas de estética.

### 16-(UNEMAT-MT)



No passado, durante uma tempestade, as pessoas costumavam dizer que um raio havia caído distante, se o trovão correspondente fosse ouvido muito tempo depois; ou que teria caído perto, caso acontecesse o contrario.



Do ponto de vista da Física, essa afirmação está fundamentada no fato de, no ar, a velocidade do som:

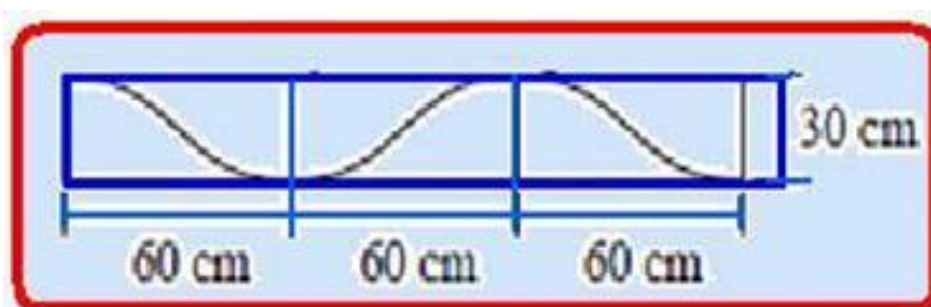
- a. variar como uma função da velocidade da luz.
- b. ser muito maior que a da luz.

c. ser a mesma que a da luz.

d. variar com o inverso do quadrado da distancia.

e. ser muito menor que a da luz.

### 17-(UNIOESTE-PR)



m/s. A figura representa parte de uma onda que se propaga sobre uma corda para a direita com velocidade igual a  $120/\pi$  m/s.

Um dado ponto da corda possui uma aceleração

máxima igual a

A.  $1440 \text{ m/s}^2$ .

B.  $200 \text{ m/s}^2$ .

C.  $3600 \text{ m/s}^2$ .

D.  $6000 \text{ m/s}^2$ .

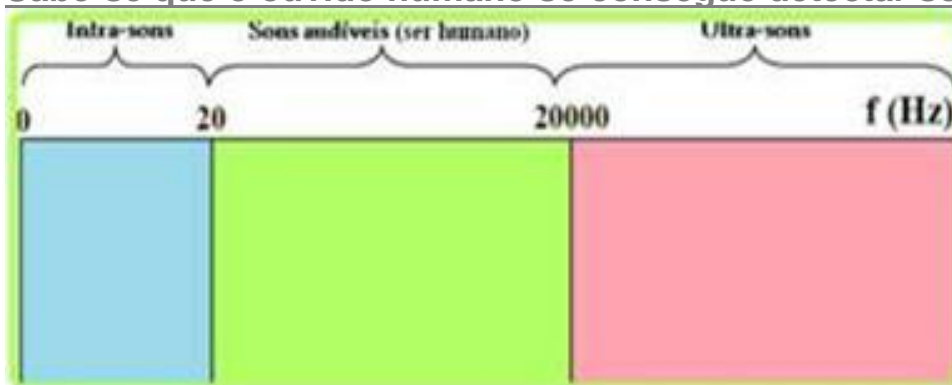


E.  $1440/\pi^2$ .

**18-(PUC-GO)**



Sabe-se que o ouvido humano só consegue detectar sons cuja frequência está entre 20 Hz e 20000 Hz. Sendo a velocidade de



entre 20 Hz e 20000 Hz. Sendo a velocidade de

som no ar igual a 340 m/s, a faixa de comprimento de onda sonora audível estaria (marque a alternativa correta)

A ( ) entre 0,017 cm e 17 cm.

B ( ) acima de 17 m.

C ( ) abaixo de 0,017 m e acima de 17 m.

D ( ) entre 0,017m e 17 m.

**19-(UFSM-RS)**



A presença e a abrangência dos meios de comunicação na sociedade contemporânea vêm introduzindo elementos novos na relação entre as pessoas e entre elas e o seu contexto.



Radio, televisão e telefone celular são meios de comunicação que utilizam ondas

eletromagnéticas, as quais tem a(s) seguinte(s)

propriedade(s):

I – propagação no vácuo.

II – existência de campos elétricos variáveis perpendiculares a campos magnéticos variáveis.

III – transporte de energia e não de matéria.

Esta(ou) correta(s)

a) apenas I.

b) apenas II.

c) apenas III.

d) apenas I e II.

e) I, II e III.

20-(FGV-SP)



Analise as afirmações.

I. Massa, carga elétrica, temperatura e densidade são algumas das várias grandezas físicas escalares que dispensam as noções de direção e sentido.

II. Campos gravitacional, elétrico e magnético são grandezas vetoriais que caracterizam determinada propriedade física dos pontos de uma região.

III. O estudo das ondas em Física pode ser feito dispensando a aplicação de grandezas vetoriais.

É correto apenas o que se afirma em

(A) I.

(B) II.

(C) I e II.

(D) I e III.

(E) II e III.

## **Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre**

### **Ondas – Conceitos e definições**

**01-**

I – Errada – são ondas transversais

II – Verdadeira – vide você deve saber

III – Errada – ondas sonoras são ondas mecânicas

R: B

**02- B**

**03- E**

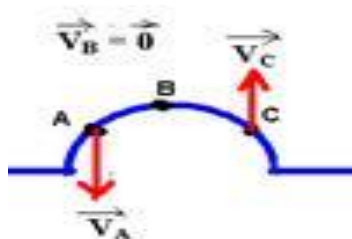
**04- E**

**05- D**

**06- D**

**07- D**

**08-**



**09-**



**10- E**

**11- Para retornar ao equilíbrio o ponto B deverá se deslocar de  $\Delta S_B = 60\text{cm} = 0,6\text{m}$  —  $V = \Delta S_B / \Delta t$  —  $V = 0,6 / t_B$ .**

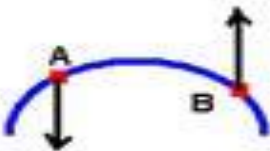
**Para retornar ao equilíbrio o ponto A deverá se deslocar de  $\Delta S_A = 80\text{cm} = 0,8\text{m}$  —  $V = \Delta S_A / t_A$  —**

**$V = 0,8 / t_A$ .**

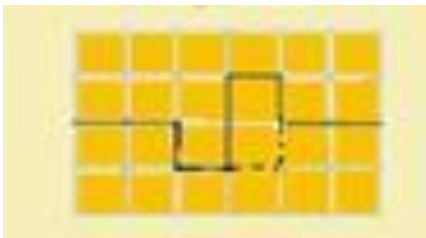
**Como a velocidade é a mesma para os dois pontos —  $0,6 / t_B = 0,8 / t_A$  —  $t_A / t_B = 4/3$**

**12- a) Deslocamento do pulso em 2s —  $DS = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$  —  $V = DS / Dt$  —  $V = 0,2 / 2$  —  $V = 0,1\text{m/s}$  ou  $V = 10\text{cm/s}$**

**b)**



**13-**



**direita do mesmo intervalo.**

**Observe a figura onde está representado o instante em que as ondas estão totalmente sobrepostas — haverá interferência construtiva na metade esquerda do intervalo e destrutiva na metade**

**R- C**

**14- Como o som vai e volta ele percorre  $\Delta S = 2h$  —  $V = \Delta S / \Delta t$  —  $1,6 \cdot 10^3 = 2h / 0,8$  —  $h = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 0,4$  —  $h = 640\text{m}$ .**



Equação fundamental da ondulatória —  $V=\lambda.f$  —  $1,6.10^3 = \lambda.4.10^4$  —  
 $\lambda = 1,6.10^3 / 4.10^4$  —  $\lambda = 0,4$ .

$10^{-1} = 4.10^{-2}m$ .

R- A.

### 15-(UNEMAT-MT)

A ultra-sonografia é uma técnica de diagnóstico baseada em imagens, que utiliza ultra-som (onda mecânica longitudinal) para visualizar músculos e órgãos internos, seu tamanho, estrutura e possíveis patologias ou lesões — é



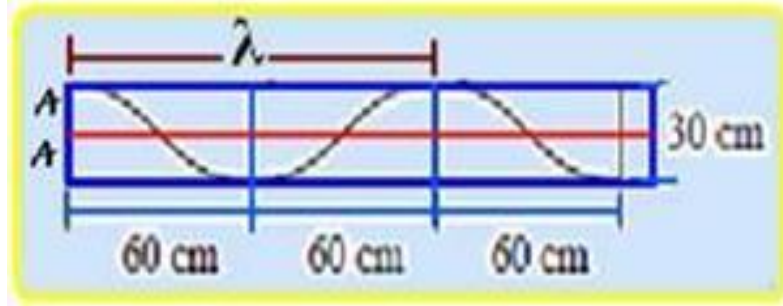
comumente usada da obstetrícia e durante a gravidez — existe uma vasta gama de usos diagnósticos para a ultra-sonografia —

R- B.

16- Raio, relâmpago e trovão são fenômenos atmosféricos que ocorrem antes ou durante tempestades, causados por descargas elétricas entre nuvens ( relâmpago ) ou entre uma nuvem e o solo ( raio ), acompanhados de um estrondo ( trovão ) — o raio ocorre quando uma nuvem, carregada de eletricidade estática, atinge um potencial eletrostático tão elevado que a camada de ar existente entre ela e o solo deixa de ser isolante, tornando-se condutor, permitindo a movimentação das cargas elétricas até o solo — com o relâmpago ocorre a mesma coisa só que é entre as nuvens — essas descargas elétricas produzem uma grande luminosidade devido ao aquecimento do ar, que pode ser vista bem distante — o trovão é o som que acompanha a violenta expansão do ar quando é rapidamente aquecido — devido à diferença de velocidades da luz e do som (luz,  $3.108m/s$  e som,  $340m/s$ ), quando o raio ou relâmpago ocorre a grande distância do local de observação, o trovão é ouvido alguns segundos depois do clarão — R- E.

17-

Observe na figura que o comprimento de onda  $\lambda$  vale  $\lambda=60 + 60=120\text{cm}=1,2\text{m}$  e que a amplitude  $A$  é de  $A=30/2$  —  $A=15\text{cm}$  —  $A=0,15\text{m}$  — cálculo do período  $T$  da onda — equação fundamental da ondulatória —  $V=\lambda.f$  —  $120/\pi = 0,12.f$  —  $f=100/\pi\text{Hz}$  —  $T=1/f$  —  $T=1/(100/\pi)$  —  $T=\pi/100\text{ s}$  — velocidade angular —



$W=2\pi/T$  —

$W=2\pi/(100/\pi)$  —  $W=200\text{ rad/s}$  — esse movimento pode ser considerado um movimento harmônico simples (MHS), com velocidade angular  $W$  e amplitude  $A$  e, cuja aceleração máxima é

fornecida por (veja [fisicaevestibular.com.br](http://fisicaevestibular.com.br) – mecânica – dinâmica – MHS) —

$a_{\text{máx}}=W^2.A=200^2.0,15=40000 \times 0,15$  —  $a_{\text{máx}}=6000\text{m/s}^2$  — R- D.

18- Frequência de  $20\text{Hz}$  —  $V=yf$  —  $340=y.20$  —  $y=17\text{m}$  — frequência de  $20.000\text{Hz}$  —  $y=340/20.000=0,017\text{m}$  — R- D

19- I. Correta — por exemplo, a luz é uma onda eletromagnética (não precisa de meio material para se propagar) transversal (direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação).

II. Correta — variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também variáveis e assim por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias através das ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo com velocidade constante de  $3,0.10^8\text{m/s}$ , inclusive a luz

III. Correta — Onda não transporta matéria, apenas energia.

R- E

20- I. Correta — essas três grandezas são escalares, pois ficam perfeitamente caracterizadas apenas pela intensidade acrescida de unidade, não precisando nem de direção e nem de sentido.

II. Correta — O valor do campo gravitacional  $g$  não depende da massa  $m$  do corpo, mas apenas de sua posição  $r$  em relação ao centro planeta e da massa  $M$  do planeta — você pode fazer analogia do campo gravitacional com os campos magnético e elétrico..

III. Falsa — no estudo das ondas entra a grandeza velocidade que é uma grandeza vetorial, pois além de intensidade com unidade, possui também direção e sentido.

R- C

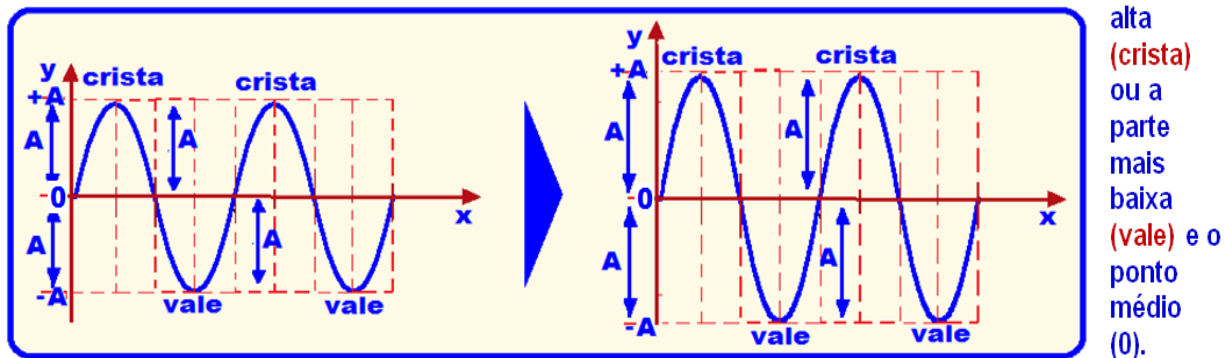
## Equação da onda (Equação fundamental da ondulatória)

### Equação da onda (Equação fundamental da ondulatória)

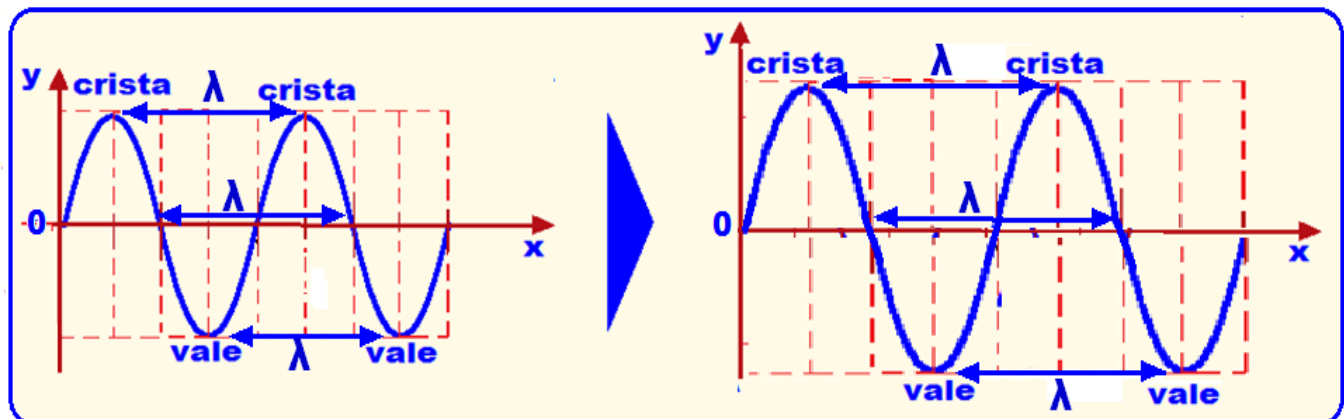
#### Elementos de uma onda

Considere a onda periódica (sucessão de pulsos iguais em tempos iguais) das figuras a seguir, cujas principais características são:

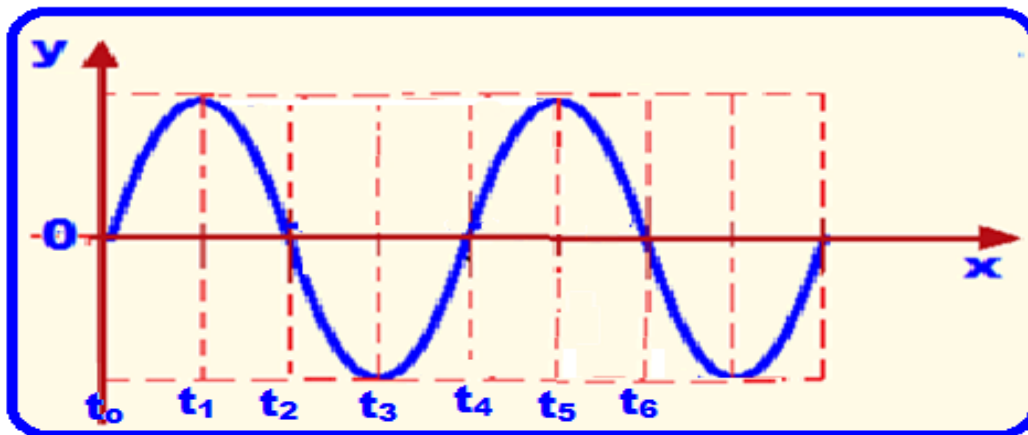
▶▶▶ Amplitude ( $A$ ) ▶ corresponde à distância da ordenada ( $y$ ), em módulo, entre a parte mais



▶▶▶ Comprimento de onda ( $\lambda$ ) ▶ representa a distância percorrida pela onda até começar novamente a repetição, ou seja, é a menor distância entre dois pontos consecutivos que estão em concordância de fase, como por exemplo, a



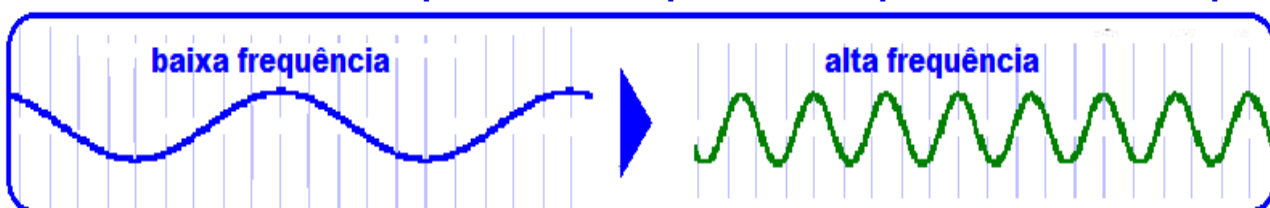
▶▶▶▶ **Período (T)** ▶ tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda ( $1\lambda$ ), que é o mesmo tempo que um ponto qualquer da onda demora para efetuar uma oscilação (vai e vem) completa e que é o mesmo tempo que a fonte demora para gerar uma onda completa.



Na figura acima, o período  $T$  é o tempo compreendido entre os instantes  $T = t_4 - t_0 = t_5 - t_1 = t_6 - t_2$ , etc.

▶▶▶▶ **Frequência (f)** ▶ A frequência ( $f$ ) representa quantas oscilações completas uma onda efetua

em cada unidade de tempo, ou ainda, quantos comprimentos de onda passam



por um ponto da onda em

cada unidade de tempo.

Se o período  $T$  estiver em segundos (s) a frequência estará em hertz (Hz), que significa ciclos por segundo.

Exemplo: Se a frequência de uma onda for de 60 Hz, isto significa que a fonte ou qualquer ponto desta onda oscila 60 vezes em cada segundo.

**Relação importante**

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T}$$

## Velocidade $V$ de propagação da onda (Equação fundamental da ondulatória)

Supondo o meio homogêneo, a onda se propaga nele com velocidade constante, dada por



$$V = \Delta S / \Delta t.$$

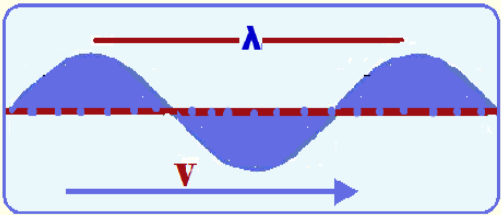
Mas, observe que, quando  $\Delta S = 1\lambda$ ,  $\Delta t = T$ , pois o período  $T$  é o tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda ( $1\lambda$ ).

$V = \Delta S / \Delta t \Rightarrow V = \lambda / T \Rightarrow V = \lambda / (1/f) \Rightarrow V = \lambda \cdot f$  (essa equação é chamada equação fundamental da ondulatória).

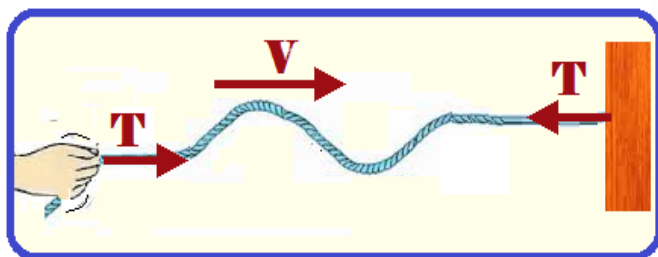
Equação fundamental da Ondulatória

$V = \lambda \cdot f$

- $V \Rightarrow$  velocidade de propagação da onda
- $\lambda \Rightarrow$  comprimento de onda
- $f \Rightarrow$  frequência da onda



## Velocidade de propagação dos pulsos nos meios unidimensionais (corda)



Considere um pulso ou vários pulsos sucessivos (onda) se propagando com velocidade  $V$  numa

corda tracionada (esticada) por uma

força de intensidade  $F$ .

Denominamos densidade linear de massa ( $\mu$ ) de uma corda homogênea, de seção transversal constante, que possui massa ( $m$ ) e comprimento ( $L$ ), à expressão:

Significado físico de  $\mu \Rightarrow$  significa quanto de massa a corda tem por unidade de comprimento. Assim, uma

corda de  $0,5 \text{ kg/m}$  possui, no SI,  $0,5\text{kg}$  de massa para cada  $1$  metro de comprimento.

$$\mu = \frac{m}{L}$$

- $\mu \Rightarrow$  densidade linear de massa da corda
- $m \Rightarrow$  massa da corda
- $L \Rightarrow$  comprimento da corda

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

A velocidade ( $V$ ) de propagação do pulso na corda é dada, também por:

Onde  $T$  é a intensidade da força que traciona (estica) a corda e  $\mu$  é a densidade linear de massa da mesma.

Observe que  $V$  é diretamente proporcional a  $\sqrt{T}$ , ou seja, quanto mais esticada estiver a corda, maior será a velocidade de propagação do pulso ou da onda na mesma e que  $V$  é inversamente proporcional a  $\sqrt{\mu}$ , ou seja, quanto maior a

densidade linear da corda, menor será a velocidade de propagação da onda na mesma.

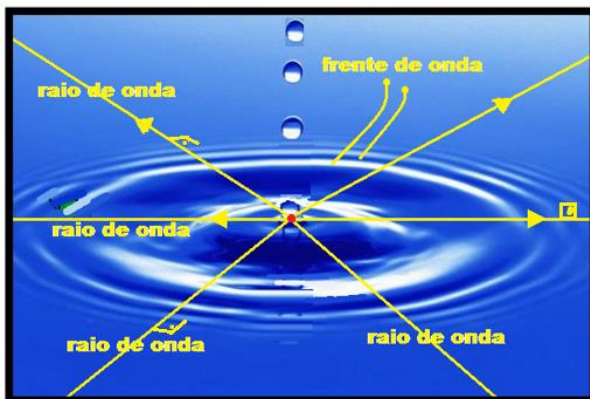
## Propagação de ondas em meios bidimensionais

Podem ser de dois tipos:



**Ondas circulares (esféricas)** ► Quando a ponta da régua bate continua e periodicamente na superfície da água origina perturbações circulares (ondas circulares) que se movem na superfície da água, afastando-se do ponto onde as perturbações são geradas.

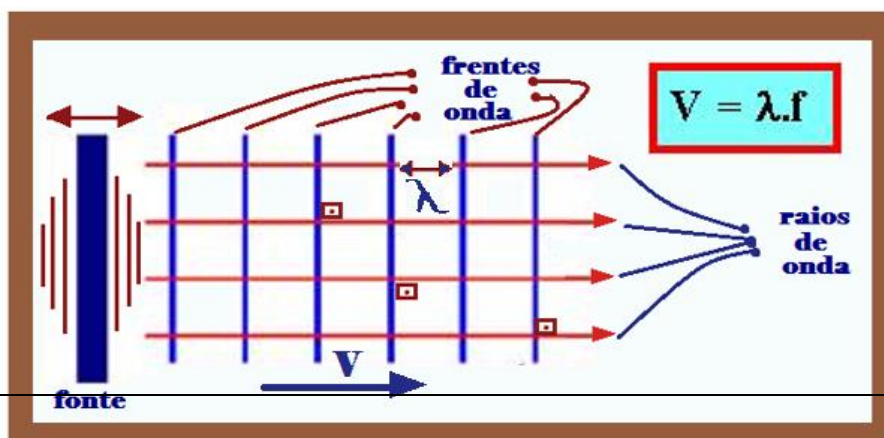
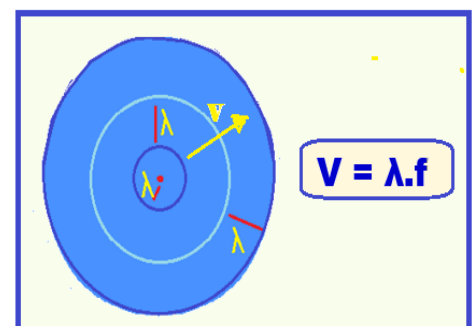
A frente de onda ou superfície de onda é o lugar geométrico de todos os pontos



que estão em concordância de fase de vibração, como por exemplo, duas cristas ou dois vales.

O raio de onda é toda reta perpendicular às frentes de onda e que indicam a direção e o sentido de propagação dessas ondas.

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a distância entre duas frentes de onda consecutivas.



Ondas planas (retas)

Produzidas tocando-se leve e continuamente a

superfície da água com uma régua (fonte) na posição indicada na figura.

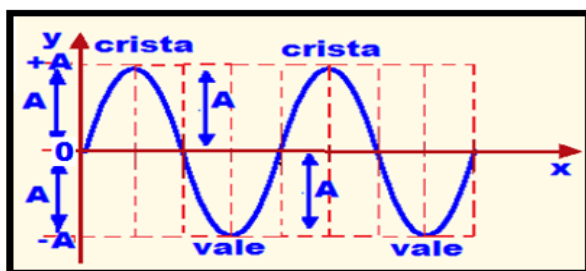
Observe que as frentes de ondas e os raios de onda são retas paralelas e consequentemente perpendiculares.

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a distância entre duas frentes de onda (cristas ou vales) consecutivas.

## O que você deve saber, informações e dicas



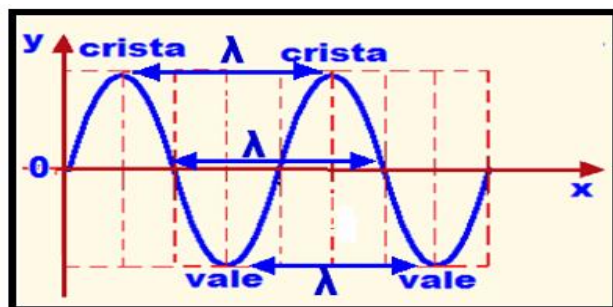
### Amplitude da onda (A)



Amplitude (A) > corresponde à distância da ordenada (Y), em módulo, entre a parte mais alta (crista) ou a parte mais baixa (vale) e o ponto médio (0).



### Comprimento de onda ( $\lambda$ )



Representa a distância percorrida pela onda até começar novamente a repetição, ou seja, é a menor distância entre dois pontos consecutivos que estão em concordância de fase, como por exemplo a menor distância entre duas cristas ou dois vales.



Período (T) > tempo que a onda demora para percorrer um comprimento de onda ( $1\lambda$ ), que é o mesmo tempo que um ponto qualquer da onda demora para oscilação (vai e vem) completa e que é o mesmo tempo que a fonte demora para gerar uma onda completa.



Freqüência (f) > representa quantas oscilações completas uma onda efetua em cada unidade de tempo, ou ainda, quantos comprimentos de onda completos passam por um ponto da onda em cada unidade de tempo.

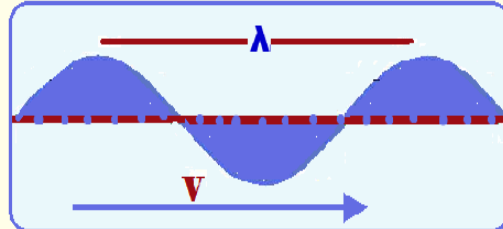
Se o período T estiver em segundos (s) a freqüência estará em hertz (Hz), que significa ciclos por segundo e a relação entre f e T está abaixo:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T}$$

### Equação fundamental da Ondulatória

$$V = \lambda \cdot f$$

- $V \Rightarrow$  velocidade de propagação da onda
- $\lambda \Rightarrow$  comprimento de onda
- $f \Rightarrow$  frequência da onda



### Fórmulas

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T}$$

#### Equação fundamental da Ondulatória

- $V = \lambda \cdot f$
- $V \Rightarrow$  velocidade de propagação da onda
- $\lambda \Rightarrow$  comprimento de onda
- $f \Rightarrow$  frequência da onda

$$\mu = \frac{m}{L}$$

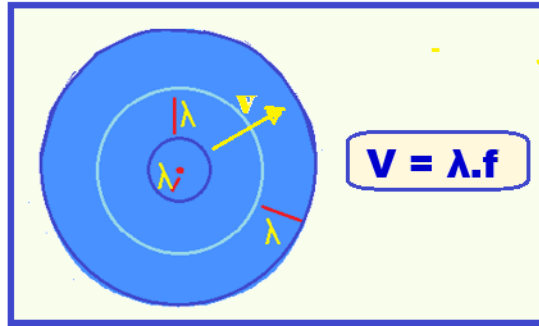
- $\mu \triangleright$  densidade linear de massa da corda
- $m \triangleright$  massa da corda
- $L \triangleright$  comprimento da corda

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

Se o meio é o mesmo,  $V$ ,  $\lambda$  e  $f$  também são os mesmos.

A amplitude  $A$  não está relacionada com  $V$ ,  $f$  e  $\lambda$ , mas apenas com a quantidade de energia transportada pela onda. Quanto maior a energia, maior a amplitude e vice-versa.

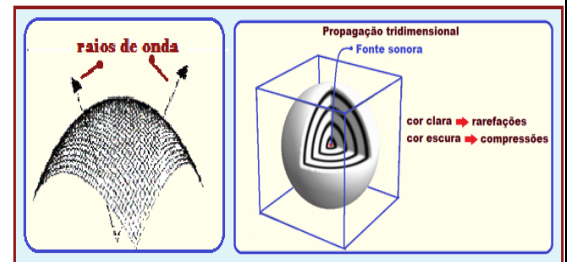
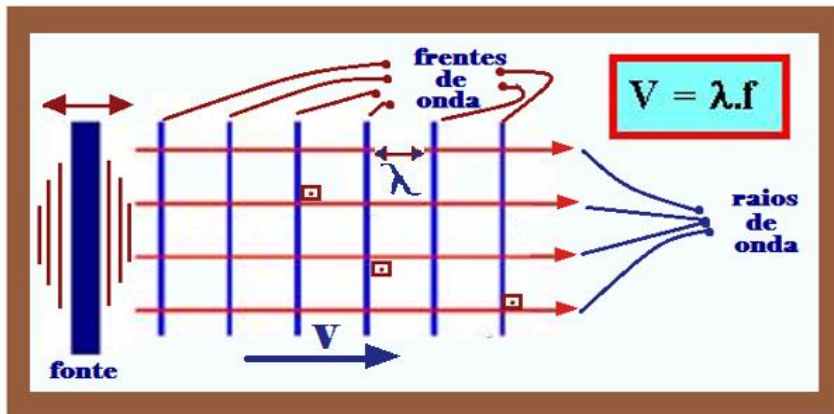
Ondas bidimensionais circulares



Ondas bidimensionais planas



Ondas em meios tridimensionais A onda se propaga no espaço e em todas as direções. Exemplo: Ondas sonoras e luz.



As frentes de onda são esferas e os raios de onda são radiais e saem da fonte de perturbação em todas as direções.

**Exercícios interessantes os quais você deve conferir:**

**01-(FUVEST-SP)** Num lago o vento produz ondas periódicas que se propagam com a velocidade



de 2m/s. O comprimento de onda é 10m. Determine o período de oscilação de um barco:

a) quando ancorado nesse lago.

b) quando se movimenta em sentido contrário ao da propagação das ondas, com uma velocidade de 8m/s.

Resolução:

a) Com o barco ancorado (parado)  $\Rightarrow V = 2 \text{ m/s} \Rightarrow \lambda = 10 \text{ m} \Rightarrow$  equação fundamental da ondulatória  $\Rightarrow V = \lambda.f \Rightarrow 2 = 10.f \Rightarrow f = 0,2 \text{ Hz} \Rightarrow T = 1/f \Rightarrow T = 1/0,2 \Rightarrow T = 5 \text{ s.}$



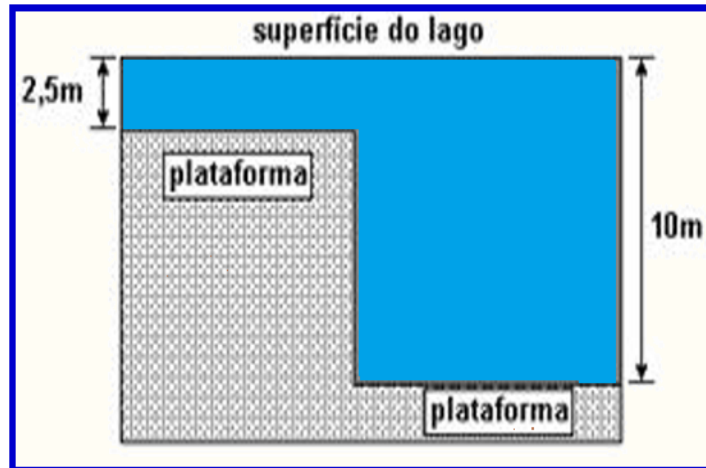
b) Como se movem em sentido contrário a velocidade relativa entre o barco e a onda é de  $V = 2 + 8 \Rightarrow V = 10 \text{ m/s}$ .

O comprimento de onda continua o mesmo  $\lambda = 10 \text{ m} = \Delta S \Rightarrow$  então, para percorrer  $\Delta S = \lambda = 10 \text{ m}$  a onda deve demorar o tempo de um período  $\Delta t = T$

com velocidade de  $V = 10 \text{ m/s} \Rightarrow V = \Delta S / \Delta t \Rightarrow$

$$10 = 10/T \Rightarrow T = 1 \text{ s.}$$

**02-(UNESP-SP)** Considere um lago onde a velocidade de propagação das ondas na superfície não dependa do comprimento de onda, mas apenas da profundidade.



Essa relação pode ser dada por  $v = \sqrt{g \cdot d}$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade e  $d$  é a profundidade. Duas regiões desse lago têm diferentes profundidades, como ilustrado na figura.

O fundo do lago é formado por extensas plataformas planas em dois níveis; um degrau separa uma região com 2,5 m de profundidade de outra com 10 m de profundidade.

Uma onda plana, com comprimento de onda  $\lambda$ , forma-se na superfície da região rasa do lago e

propaga-se para a direita, passando pelo desnível.

Considerando que a onda em ambas as regiões possui mesma frequência, pode-se dizer que o comprimento de onda na região mais profunda é ( $g=10\text{m/s}^2$ )

- a)  $\lambda/2$ .      b)  $2\lambda$       c)  $\lambda$ .      d)  $3\lambda$       e)  $2\lambda/3$

Utilizando a expressão fornecida  $V = \sqrt{g \cdot d}$ :

Na parte mais rasa  $\Rightarrow V_1 = \sqrt{10 \cdot 2,5} \Rightarrow V_1 = 5 \text{ m/s.}$

Na parte mais profunda  $\Rightarrow V_2 = \sqrt{10 \cdot 10} \Rightarrow V_2 = 10 \text{ m/s.}$

Como, pelo enunciado a frequência  $f$  é a mesma  $\Rightarrow V_1 = \lambda_1 \cdot f \Rightarrow 5 = \lambda_1 \cdot f \Rightarrow f = 5/\lambda_1$  (I)  
 $\Rightarrow V_2 = \lambda_2 \cdot f \Rightarrow 10 = \lambda_2 \cdot f \Rightarrow f = 10/\lambda_2$  (II).

Igualando (I) com (II)  $\Rightarrow 5/\lambda_1 = 10/\lambda_2 \Rightarrow 5\lambda_2 = 10\lambda_1 \Rightarrow \lambda_2 = 2\lambda_1.$

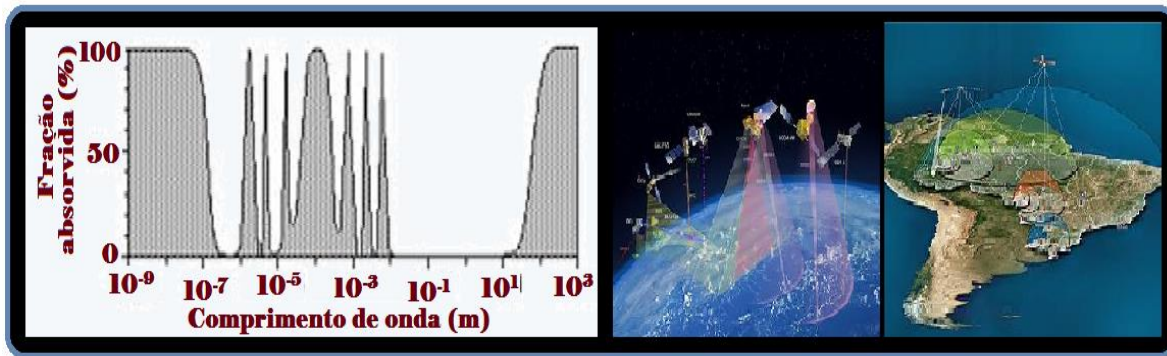
**R - B**

**03-(UNICAMP-SP)** O sistema GPS (“Global Positioning System”) consiste em um conjunto de satélites em órbita em torno da Terra que transmitem sinais eletromagnéticos para receptores na superfície terrestre.

A velocidade de propagação dos sinais é de 300.000 km/s. Para que o sistema funcione bem, a absorção atmosférica desse sinal eletromagnético deve ser pequena.



A figura a seguir mostra a porcentagem de radiação eletromagnética absorvida pela atmosfera em função do comprimento de onda.



a) A frequência do sinal GPS é igual a 1.500 MHz. Qual o comprimento de onda correspondente? Qual a porcentagem de absorção do sinal pela atmosfera?

b) Uma das aplicações mais importantes do sistema GPS é a determinação da posição de um certo receptor na Terra.

Essa determinação é feita através da medida do tempo que o sinal leva para ir do satélite até o receptor.

Qual é a variação  $\Delta t$  na medida do tempo feita pelo receptor que corresponde a uma variação na distância satélite-receptor de  $\Delta x = 100\text{m}$ ? Considere que a trajetória do sinal seja retilínea.

Resolução:

a) São dados  $v = 300.000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  e  $f = 1.500\text{MHz} = 1500 \cdot 10^6 \text{ Hz}$ .

Aplicando a equação fundamental da ondulatória  $v = \lambda f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 1.500 \cdot 10^6 \Rightarrow \lambda = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}$ .

Veja pelo gráfico que para esse comprimento de onda ( $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}$ ), a porcentagem (fração) de absorção do sinal pela atmosfera é nula

b)  $\Delta x = \Delta S = 100\text{m} \Rightarrow v = \Delta S / \Delta t \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 100 / \Delta t \Rightarrow \Delta t = 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$

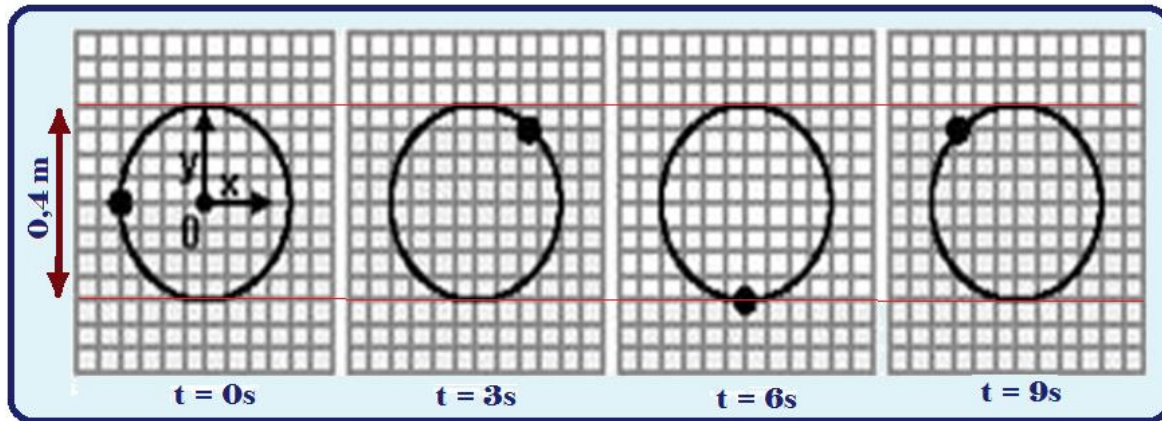
**04-(FUVEST-SP)** Um sensor, montado em uma plataforma da Petrobrás, com posição fixa em relação ao fundo do mar, registra as sucessivas posições de uma pequena bola que flutua sobre a superfície da água, à medida que uma onda do mar passa por essa bola continuamente.

A bola descreve um movimento aproximadamente circular, no plano vertical, mantendo-se em torno da mesma posição média, tal como reproduzido na seqüência de registros adiante, nos tempos indicados. O intervalo entre registros é menor do que o período da onda.

A velocidade de propagação dessa onda senoidal é de 1,5 m/s.

Para essas condições:

a) Determine o período  $T$ , em segundos, dessa onda do mar.

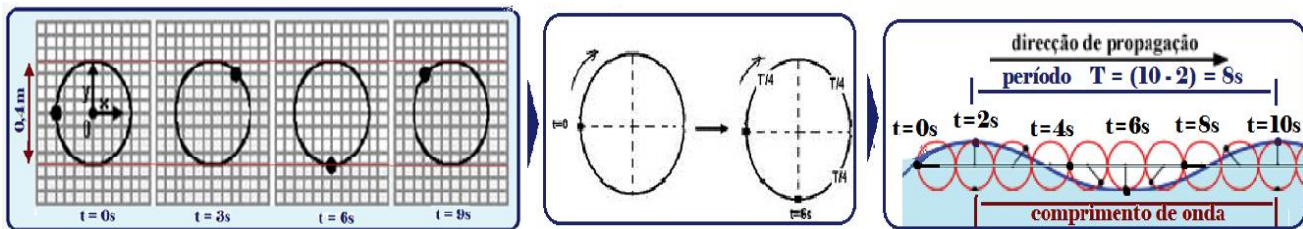


b) Determine o comprimento de onda  $\lambda$ , em m, dessa onda do mar.

c) Represente, um esquema do perfil dessa onda, para o instante  $t = 14$  s, tal como visto da plataforma fixa. Indique os valores apropriados nos eixos horizontal e vertical.

Resolução:

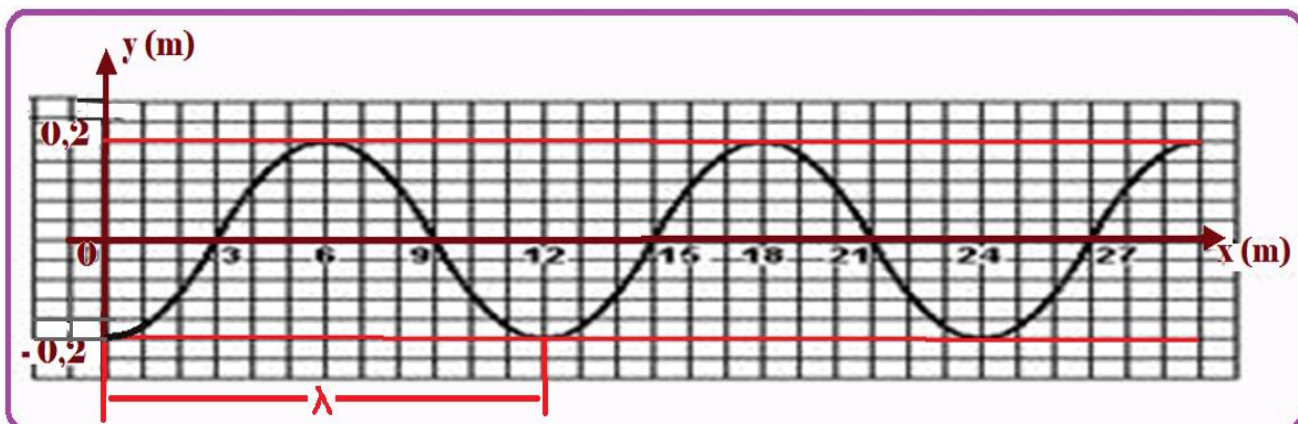
a) Trata-se de uma onda mista, pois oscila na horizontal e na vertical e estas oscilações numa onda mista ocorrem no mesmo tempo nestas duas direções.



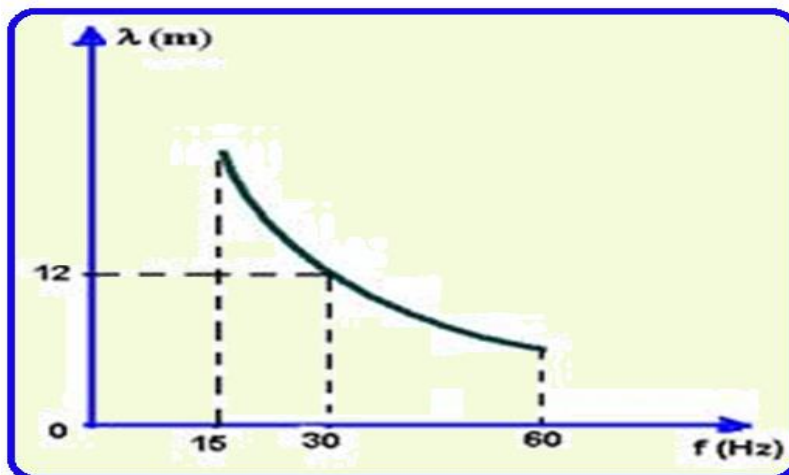
Observe nas figuras acima, que o intervalo de tempo de 6s corresponde a três quartos do período  $T$ , ou seja,  $T=8s$ .

b)  $f=1/T \Rightarrow f = (1/8) \text{ Hz} \Rightarrow V = \lambda.f \Rightarrow 1,5 = \lambda.(1/8) \Rightarrow \lambda = 12 \text{ m}$ .

c)



**05-(UFRJ-RJ)** Através de um dispositivo adequado produzem-se ondas em um meio elástico, de tal modo que as frequências das ondas obtidas se encontram no intervalo de 15Hz a 60Hz. O gráfico mostra como varia o comprimento de onda ( $\lambda$ ) em função da frequência ( $f$ ).



**a)** Calcule o menor comprimento de onda produzido nessa experiência.

**b)** Para um comprimento de onda de 12m, calcule o período da onda.

Resolução:

**a)** Quando  $f = 30$  Hz,  $\lambda = 12$  m  $\rightarrow$  equação fundamental da ondulatória  $\rightarrow V = \lambda \cdot f \rightarrow V = 12 \cdot 30 \rightarrow$

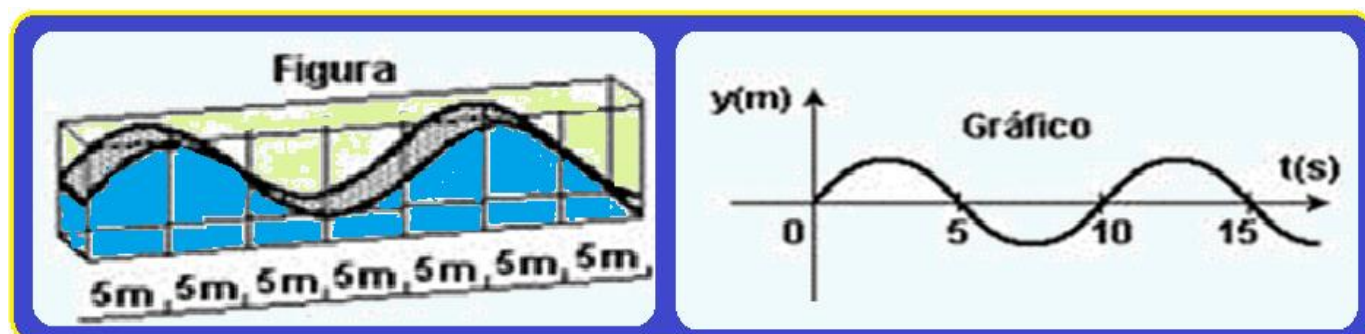
$V = 360$  m/s (constante-mesmo meio).

O menor  $\lambda$  ocorre quando  $f = 60$  Hz (vide gráfico)  $\rightarrow 360 = \lambda \cdot 60 \rightarrow \lambda_{\text{mínimo}} = 6$  m.

**b)** Quando  $\lambda = 12$  m,  $f = 30$  Hz  $\rightarrow T = 1/f \rightarrow T = (1/30)$  s.

**06-(FUVEST-SP)** Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite visualizar, na superfície da água, uma onda que se propaga.

A figura representa o perfil de tal onda no instante  $T_0$ . Durante sua passagem, uma bóia, em dada posição, oscila para cima e para baixo e seu deslocamento vertical ( $y$ ), em função do tempo, está representado no gráfico



Calcule, com essas informações, a velocidade de propagação da onda.

Resolução:

Da figura, o comprimento de onda  $\lambda$  pode ser a distância entre duas cristas sucessivas  $\Rightarrow \lambda = 20 \text{ m}$ .

Do gráfico, o período T é o intervalo de tempo que a onda demora para começar a repetição  $\Rightarrow T =$

$10 \text{ s} \Rightarrow f = 1/T \Rightarrow f = (1/10) \text{ Hz}$ .

Equação fundamental da ondulatória  $\Rightarrow V = \lambda.f \Rightarrow V = 20.(1/10) \Rightarrow V = 2,0 \text{ m/s}$ .

**Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre Equação da onda**

## **Exercícios de vestibulares com resoluções comentadas sobre**

## **Equação da onda (Equação fundamental da ondulatória)**

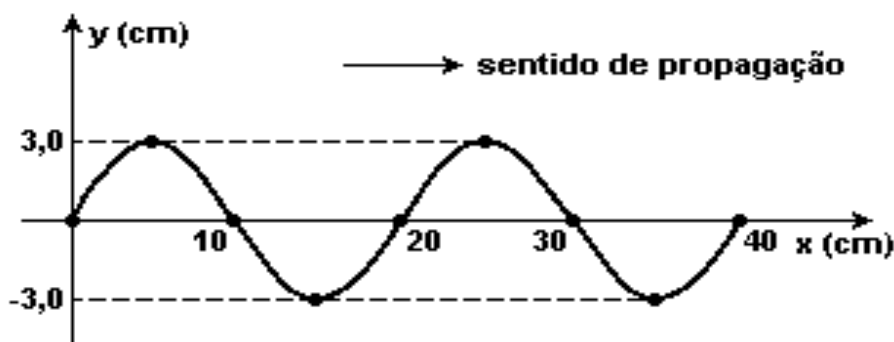
**01-(UFSM)** “Os habitantes dos pinheirais formados por araucárias começaram a produzir cerâmicas e aperfeiçoaram seus instrumentos de trabalho.”

Para descascar e moer cereais, as índias usavam um pilão de pedra. Se uma índia batesse nos cereais 20 vezes por minuto, a frequência das batidas, em Hz, seria de, aproximadamente,

- a) 0,2.      b) 0,3.      c) 0,6.      d) 2.      e) 3.

**02-(UFAL)** Uma onda produzida numa corda se propaga com frequência de 25 Hz. O gráfico a seguir representa a corda num dado instante.

Considere a situação apresentada e os dados do gráfico para analisar as afirmações que seguem.



- ( ) O período de propagação da onda na corda é 20 s.
- ( ) A amplitude da onda estabelecida na corda é de 6,0cm.
- ( ) A velocidade de propagação da onda na corda é de 5,0 m/s.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda é do tipo transversal.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda tem comprimento de onda de 10 cm.

**03- (UFRS)** Um trem de ondas senoidais, gerado por um dispositivo mecânico oscilante, propaga-se ao longo de uma corda. A tabela a seguir descreve quatro

Grandeza	Descrição
1	número de oscilações completas por segundo de um ponto da corda
2	duração de uma oscilação completa de um ponto da corda
3	distância que a onda percorre durante uma oscilação completa
4	deslocamento máximo de um ponto da corda

grandezas que caracterizam essas ondas mecânicas.

As grandezas 1, 2, 3 e 4 são denominadas, respectivamente,

a) frequência, fase, amplitude e comprimento de onda.

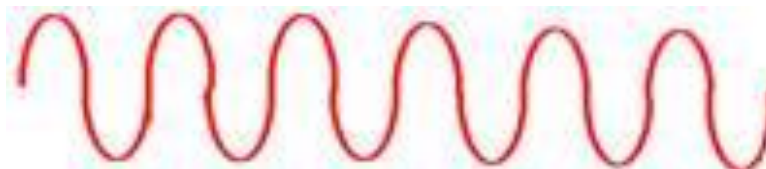
b) fase, frequência, comprimento de onda e amplitude.

c) período, frequência, velocidade de propagação e amplitude.

d) período, frequência, amplitude e comprimento de onda.

e) frequência, período, comprimento de onda e amplitude

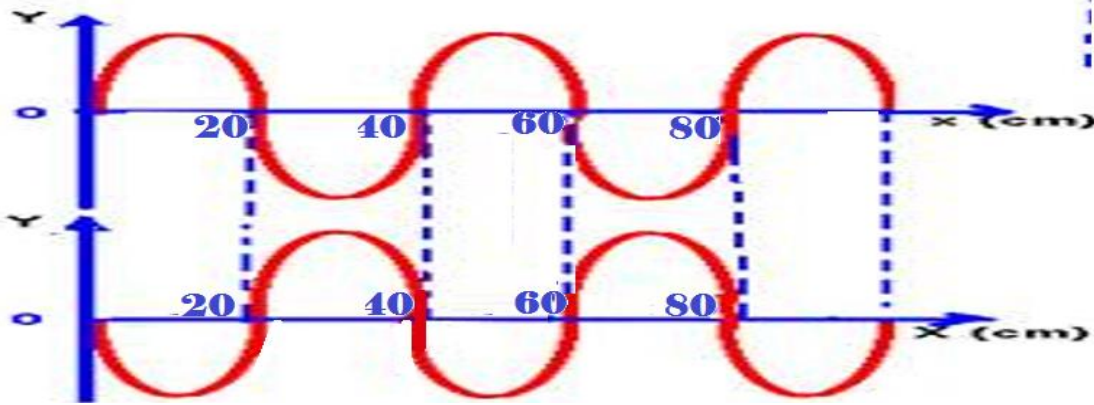
**04-(UNESP-SP)** A sucessão de pulsos representada na figura foi produzida em 1,5s. Determine a



frequência e o período da onda.



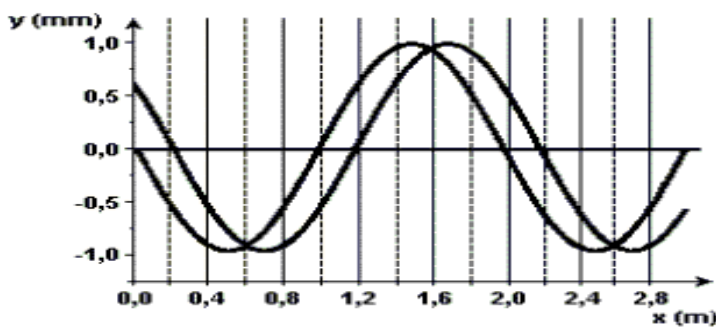
**05-(UNESP-SP)** A figura reproduz duas fotografias instantâneas de uma onda que se deslocou para a direita numa corda.



para a direita numa corda.  
 a) Qual é o comprimento de onda dessa onda?  
 b) Sabendo que no intervalo de tempo entre as duas fotos,  $1/10$  s, a onda se deslocou para a direita, determine a velocidade de propagação e a frequência dessa onda.

**06- (UFPE)**

As curvas A e B representam duas fotografias sucessivas de uma onda transversal que se propaga numa corda. O intervalo entre as fotografias é de  $0,008$  s e é menor do que o período da onda. Calcule a velocidade de propagação da onda na corda, em m/s.



**07-(UFRJ-RJ)** Uma perturbação periódica em uma corda produz ondas de frequência  $40$  Hz e comprimento de onda  $15$  cm.

Neste caso, calcule:

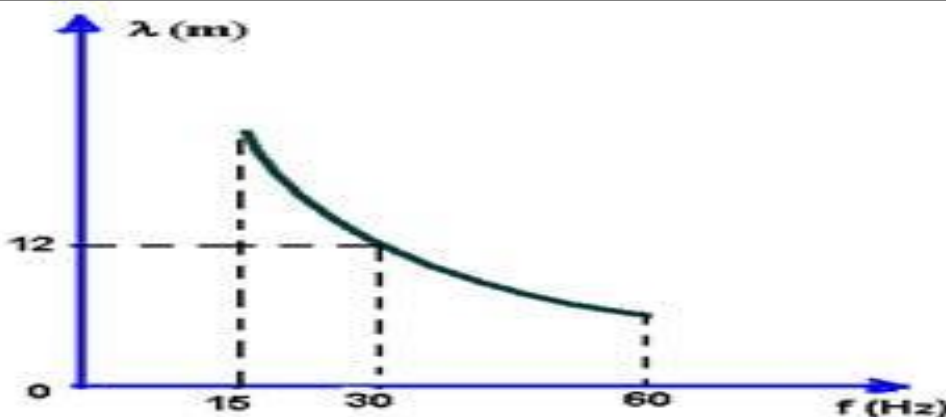
- a) o período da onda.
- b) a velocidade da onda.

**08-(UFRJ-RJ)** Através de um dispositivo adequado, produzem-se ondas em um meio elástico, de tal modo que as frequências das ondas obtidas se encontram no intervalo de  $15$  Hz a  $60$  Hz. O gráfico mostra como varia o comprimento de

onda ( $\lambda$ ) em função da frequência ( $f$ ).

a) Calcule o menor comprimento de onda produzido nessa experiência.

b) Para um comprimento de onda de  $12$  m,



calcule o período da onda.

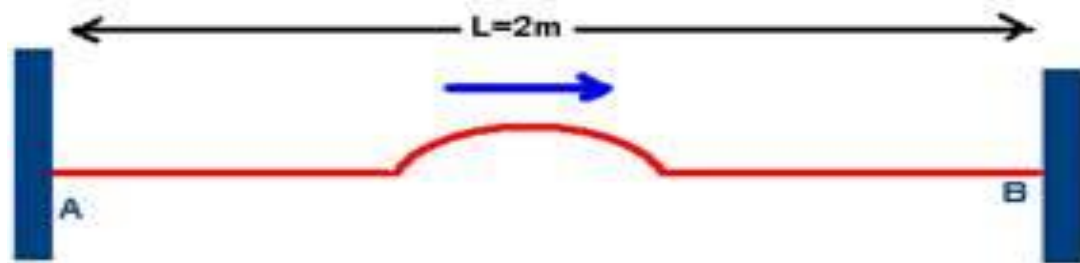


**09-(PUC-SP)** A velocidade de propagação de uma perturbação transversal numa corda de massa específica linear igual a  $0,01\text{kg/m}$ , tracionada por uma força de  $64\text{N}$ , é, em metros por segundo, de:

- a) 0,64      b) 40      c) 64      d) 80      e) 320

**10-(MACKENZIE-SP)** Um fio metálico de  $2\text{m}$  de comprimento e  $10\text{g}$  de massa é tracionado mediante uma força de  $200\text{N}$ . Determine a velocidade de propagação de um pulso transversal nesse fio.

**11-(FMJ-CE)** A figura mostra uma corda de massa  $m$ , submetida a uma força de tração de intensidade  $T=24\text{N}$ , tendo suas extremidades presas a dois suportes fixos A e B.

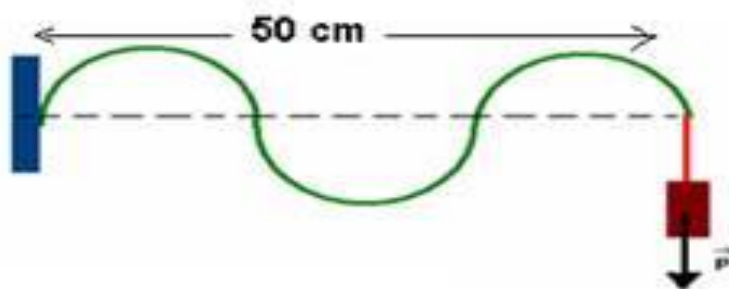


Determine a massa de  $m$ , em quilogramas, sabendo que a velocidade de propagação do

pulso é  $V=40\text{m/s}$ .

**12-(UFPE)** Uma onda transversal propaga-se em um fio de densidade  $d=10\text{ g/m}$ . O fio está submetido a uma tração  $F = 16\text{ N}$ . Verifica-se que a menor distância entre duas cristas da onda é igual a  $4,0\text{ m}$ . Calcule a frequência desta onda, em  $\text{Hz}$ .

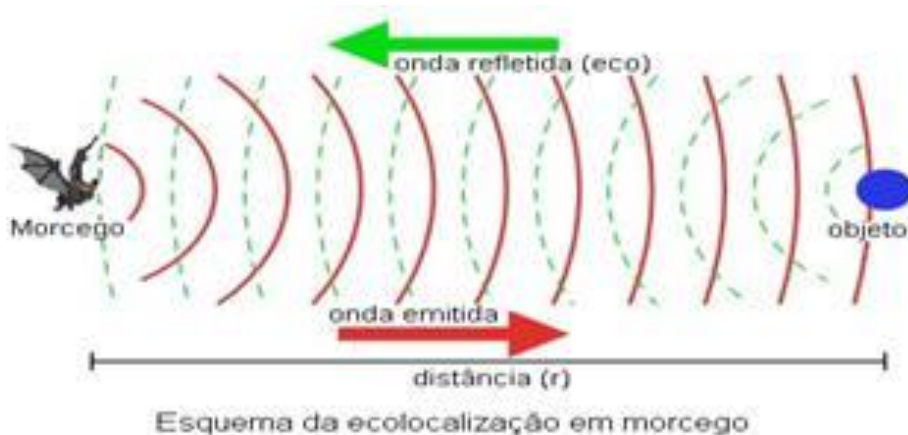
**13-(UFMS)** Uma corda de comprimento  $L=50\text{cm}$  está tensionada por um peso  $P=52,9\text{N}$ . (figura)



Calcule a velocidade de propagação da onda nessa corda, em  $\text{m/s}$ .

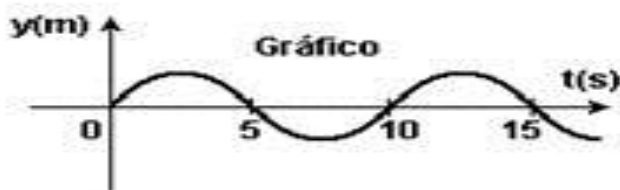
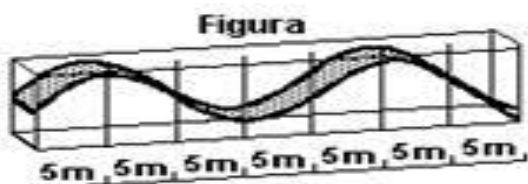
**14-(UFES)** Os morcegos emitem ultra-sons (movimento vibratório, cuja frequência é superior a 20.000 Hz). Considere-se que o menor comprimento de onda emitido por um morcego é de  $3,4 \cdot 10^{-3}$  m.

$10^{-3}$  m.



Supondo-se que a velocidade do som no ar é de 340 m/s, determine a frequência mais alta que um morcego emite.

**15-(FUVEST-SP)** Um grande aquário, com paredes laterais de vidro, permite visualizar, na superfície da água, uma onda que se propaga. A figura representa o perfil de tal onda no instante  $T_0$ . Durante sua passagem, uma bóia, em dada



posição, oscila para cima e para baixo e seu deslocamento vertical ( $y$ ), em função do tempo, está representado no gráfico

Com essas informações, é possível concluir que a onda se propaga com uma velocidade,

aproximadamente, de

- a) 2,0 m/s
- b) 2,5 m/s
- c) 5,0 m/s
- d) 10 m/s
- e) 20 m/s

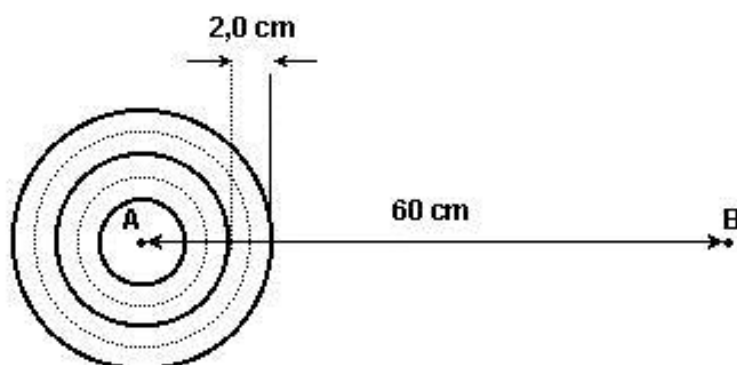
**16- (UFMG)** Daniel brinca produzindo ondas ao bater com uma varinha na superfície de um lago. A varinha toca a água a cada 5 segundos. Se Daniel passar a bater a varinha na água a cada 3 segundos, as ondas produzidas terão maior:

- a) comprimento de onda.
- b) frequência.
- c) período.
- d) velocidade

**17- (Fuvest-SP)** Radiações, como raios X, luz verde, luz ultravioleta, microondas ou ondas de rádio, são caracterizadas por seu comprimento de onda ( $\lambda$ ) e por sua frequência ( $f$ ). Quando essas radiações propagam-se no vácuo, todas apresentam o mesmo valor para:

- a)  $\lambda$ .
- b)  $f$ .
- c)  $V=\lambda.f$
- d)  $\lambda/f$
- e)  $2\lambda/f$

**18-(UFPE)** A figura a seguir mostra esquematicamente as ondas na superfície d'água de um lago, produzidas por uma fonte de frequência 6,0 Hz, localizada no ponto A.



As linhas cheias correspondem às cristas, e as pontilhadas representam os vales em um certo instante de tempo. Qual o intervalo de tempo, em segundos, para que uma frente de onda percorra a distância da fonte até o ponto B, distante 60 cm?

**19-(PUC-SP)** Em dezembro de 2004 um terremoto no fundo do oceano, próximo à costa oeste da ilha de Sumatra, foi a perturbação necessária para a geração de uma onda gigante, uma “tsunami”. A onda arrasou várias ilhas e localidades costeiras na Índia, no Sri Lanka, na Indonésia, na Malásia, na Tailândia, dentre outras.

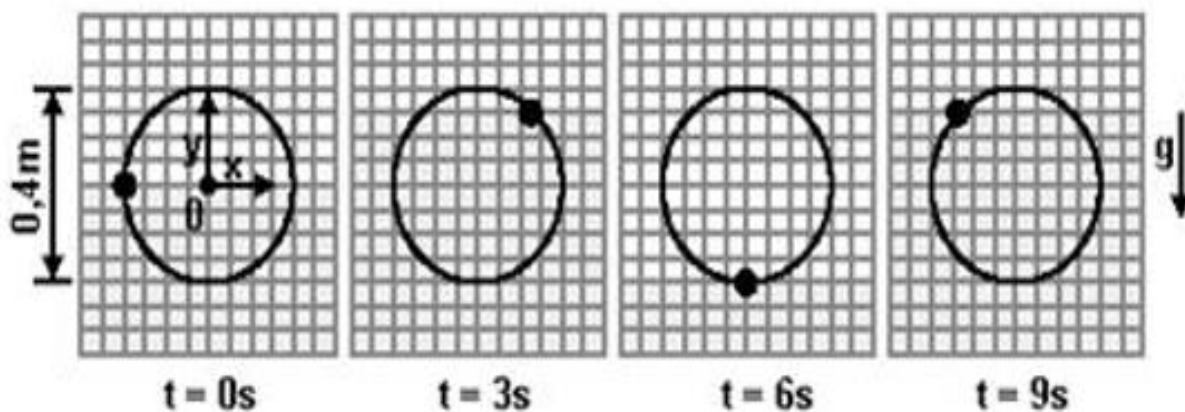
Uma “tsunami” de comprimento de onda 150 quilômetros pode se deslocar com velocidade de 750 km/h. Quando a profundidade das águas é grande, a amplitude

da onda não atinge mais do que 1 metro, de maneira que um barco nessa região praticamente não percebe a passagem da onda.

Quanto tempo demora para um comprimento de onda dessa “tsunami” passar pelo barco?

- a) 0,5 min      b) 2 min      c) 12 min      d) 30 min      e) 60 min

**20-(FUVEST-SP)** Um sensor, montado em uma plataforma da Petrobrás, com posição fixa em relação ao fundo do mar, registra as sucessivas posições de uma pequena bola que flutua sobre a superfície da água, à medida que uma onda do mar passa por essa bola continuamente. A bola descreve um movimento aproximadamente circular, no plano vertical, mantendo-se em torno da mesma posição média, tal como reproduzido na seqüência de registros adiante, nos tempos indicados. O intervalo entre registros é menor do que o período da onda. A velocidade de propagação dessa onda senoidal é de 1,5 m/s.



Para essas condições:

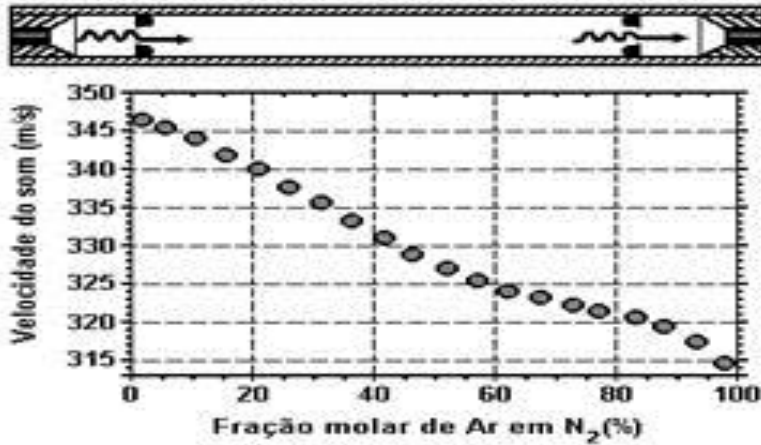
- a) Determine o período T, em segundo

s, dessa onda do mar.

b) Determine o comprimento de onda  $\lambda$ , em m, dessa onda do mar.

c) Represente, um esquema do perfil dessa onda, para o instante  $t = 14s$ , tal como visto da plataforma fixa. Indique os valores apropriados nos eixos horizontal e vertical.

**21-(UNICAMP-SP)** Uma das formas de se controlar misturas de gases de maneira rápida, sem precisar retirar amostras, é medir a variação da velocidade do som no interior desses gases. Uma onda sonora com frequência de 800 kHz é enviada de um emissor a um receptor (vide esquema), sendo então medida eletronicamente sua velocidade de propagação em uma mistura gasosa. O gráfico adiante apresenta a velocidade do som para uma mistura de argônio e nitrogênio em função da fração molar de Ar em N.



a) Qual o comprimento de onda da onda sonora no N<sub>2</sub> puro?

b) Qual o tempo para a onda sonora atravessar um tubo de 10 cm de comprimento contendo uma mistura com uma

fração molar de Ar de 60%?

**22- (UNICAMP-SP)** O sistema GPS (“Global Positioning System”) consiste em um conjunto de satélites em órbita em torno da Terra que transmitem sinais eletromagnéticos para receptores na superfície terrestre. A velocidade de propagação dos sinais é de 300.000 km/s. Para que o sistema funcione bem, a absorção atmosférica desse sinal eletromagnético deve ser pequena. A figura a seguir mostra a porcentagem de radiação eletromagnética absorvida pela atmosfera em função do comprimento de onda



a) A frequência do sinal GPS é igual a 1.500 MHz. Qual o comprimento de onda correspondente? Qual a porcentagem de absorção do sinal pela atmosfera?

b) Uma das aplicações mais importantes do sistema GPS é a determinação da posição de um certo receptor na Terra. Essa determinação é feita através da medida do tempo que o sinal leva para ir do satélite até o receptor. Qual é a variação  $\Delta t$  na medida do tempo feita pelo receptor que corresponde a uma variação na distância satélite-receptor de  $\Delta x = 100\text{m}$ ? Considere que a trajetória do sinal seja retilínea.

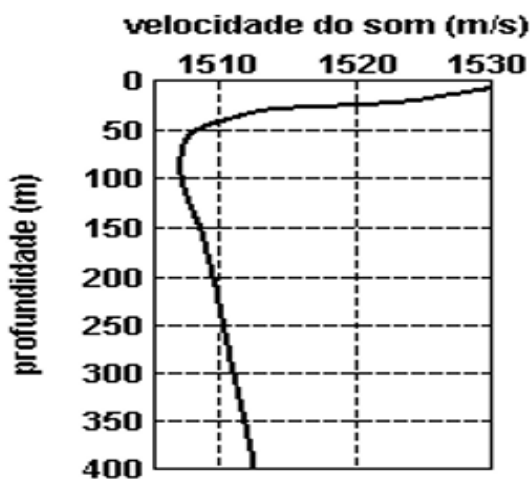
**23-(UNICAMP-SP)** Ondas são fenômenos nos quais há transporte de energia sem que seja necessário o transporte de massa. Um exemplo particularmente extremo são os “tsunamis”, ondas que se formam no oceano, como consequência, por exemplo, de terremotos submarinos.

a) Se, na região de formação, o comprimento de onda de um “tsunami” é de 150 km e sua velocidade é de 200 m/s, qual é o período da onda?

b) A velocidade de propagação da onda é dada por  $v = \sqrt{gh}$ , onde  $h$  é a profundidade local do oceano e  $g$  é a aceleração da gravidade ( $10\text{m/s}^2$ ). Qual é a velocidade numa região próxima à costa, onde a profundidade é de 6,4 m?

c) Sendo  $A$  a amplitude (altura) da onda e supondo-se que a energia do “tsunami” se conserva, o produto  $V.A^2$  mantém-se constante durante a propagação. Se a amplitude da onda na região de formação for de 1,0 m, qual será a amplitude perto da costa, onde a profundidade é de 6,4 m?

**24-(UNIFESP-SP)** O gráfico representa a profundidade ( $y$ ) no mar em função da velocidade do som ( $v$ ). A frequência do som é de 3000 Hz; essa curva é válida para condições determinadas de pressão e salinidade da água do mar.

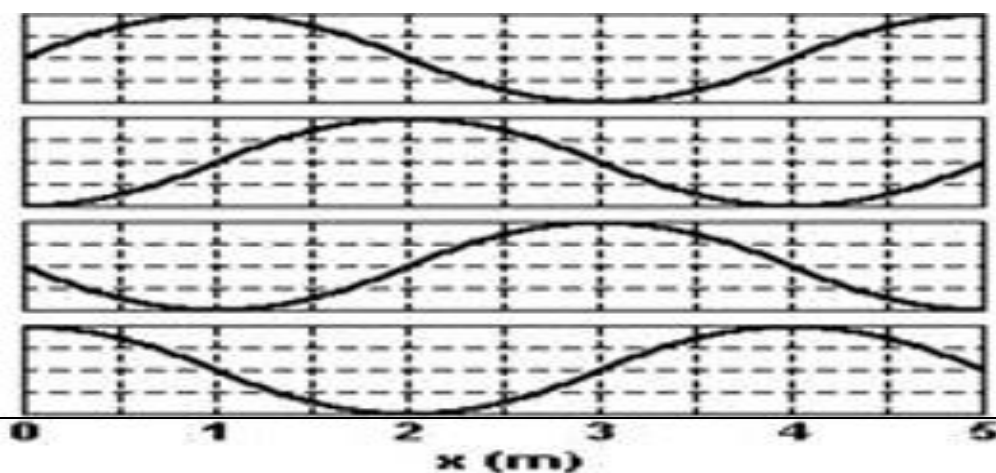


a) Nessas condições, faça uma avaliação aproximada do valor mínimo atingido pela velocidade do som no mar e da profundidade em que isso ocorre.

b) Desenhe na folha de respostas o esboço do correspondente gráfico profundidade ( $y$ ) em função do comprimento de onda ( $\lambda$ ) do som. Adote o mesmo eixo e a mesma escala para a profundidade e coloque o comprimento de onda no eixo das abscissas. Represente três valores de  $\lambda$ , escritos com três algarismos significativos.

Adote o mesmo eixo e a mesma escala para a profundidade e coloque o comprimento de onda no eixo das abscissas. Represente três valores de  $\lambda$ , escritos com três algarismos significativos.

**25-(UNESP-SP)** A propagação de uma onda no mar da esquerda para a direita é registrada em intervalos de 0,5 s e apresentada através da seqüência dos gráficos da figura, tomados dentro de um mesmo ciclo



registrada em intervalos de 0,5 s e apresentada através da seqüência dos gráficos da figura, tomados dentro de um mesmo ciclo

Analisando os gráficos, podemos



afirmar que a velocidade da onda, em m/s, é de

a) 1,5. \_\_\_\_\_

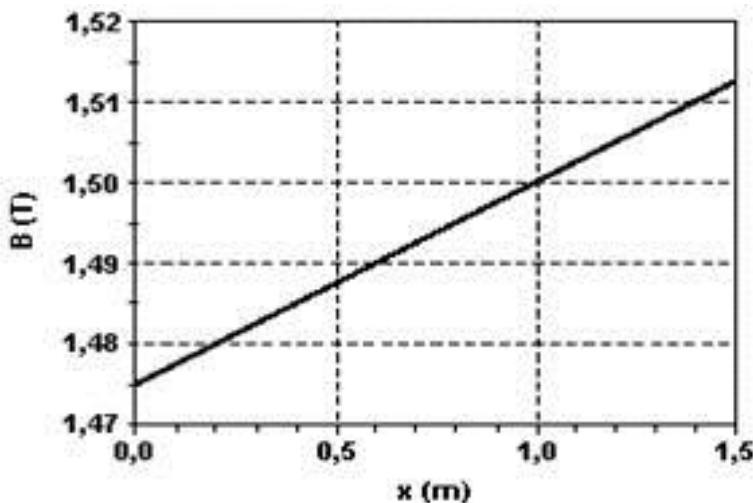
b) 2,0. \_\_\_\_\_

c) 4,0. \_\_\_\_\_

d) 4,5. \_\_\_\_\_

e) 5,0. \_\_\_\_\_

**26-(UNICAMP-SP)** O diagnóstico precoce de doenças graves, como o câncer, aumenta de maneira significativa a chance de cura ou controle da doença. A tomografia de Ressonância Magnética Nuclear é uma técnica de diagnóstico médico que utiliza imagens obtidas a partir da absorção de radiofrequência pelos prótons do hidrogênio submetidos a um campo magnético. A condição necessária para que a absorção ocorra, chamada condição de ressonância, é dada pela equação  $f = \lambda B$ , sendo  $f$  a frequência da radiação,  $B$  o campo magnético na posição do próton, e  $\lambda = 42 \text{ MHz/T}$



Para se mapear diferentes partes do corpo, o campo magnético aplicado varia com a posição ao longo do corpo do paciente.

a) Observa-se que a radiação de frequência igual a 63MHz é absorvida quando um paciente é submetido a um campo magnético que varia conforme o gráfico acima. Em que posição  $x$  do

corpo do paciente esta absorção ocorre?

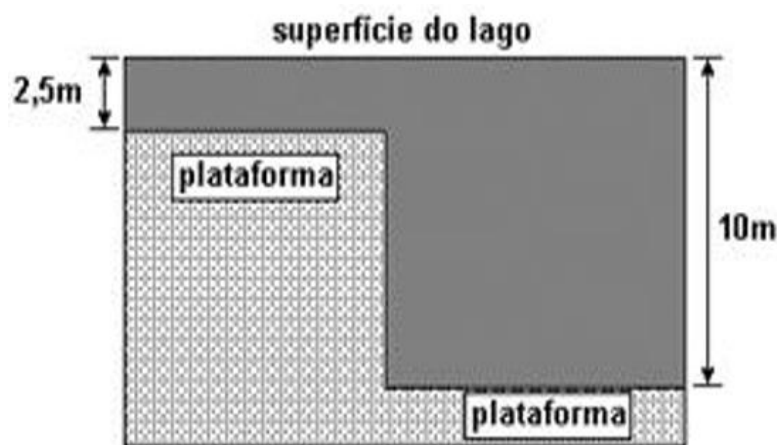
b) O comprimento de onda é a distância percorrida pela onda durante o tempo de um período. O período é igual ao inverso da frequência da onda. Qual é o comprimento de onda da radiofrequência de 63 MHz no ar, sabendo-se que sua velocidade é igual a  $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ?

**27-(UNESP-SP)** Considere um lago onde a velocidade de propagação das ondas na superfície não

dependa do comprimento de onda, mas apenas da profundidade. Essa relação

pode ser dada por  $v = \sqrt{gd}$ , onde  $g$  é a aceleração da gravidade e  $d$  é a

profundidade. Duas regiões desse lago têm diferentes profundidades, como ilustrado na figura.



O fundo do lago é formado por extensas plataformas planas em dois níveis; um degrau separa uma região com 2,5 m de profundidade de outra com 10 m de profundidade. Uma onda plana, com comprimento de onda  $\lambda$ , forma-se na superfície da região

rasa do lago e propaga-se para a direita, passando pelo desnível. Considerando que a onda em ambas as regiões possui mesma frequência, pode-se dizer que o comprimento de onda na região mais profunda é ( $g=10\text{m/s}^2$ )

- a)  $\lambda/2$ .                      b)  $2\lambda$                       c)  $\lambda$ .                      d)  $3\lambda$                       e)  $2\lambda/3$

**28-(FUVEST-SP)** A propagação de ondas na água é estudada em grandes tanques, com detectores e softwares apropriados. Em uma das extremidades de um tanque (Figura 1), de 200 m de comprimento, um dispositivo D produz ondas na água, sendo que o perfil da superfície da água, ao longo de toda a extensão do tanque, é registrado por detectores em instantes subsequentes. Um conjunto de ondas, produzidas com frequência constante, tem seu deslocamento  $y$ , em FUNÇÃO DO TEMPO, representado na Figura 1, tal como registrado por detectores fixos na posição  $x = 15$  m.

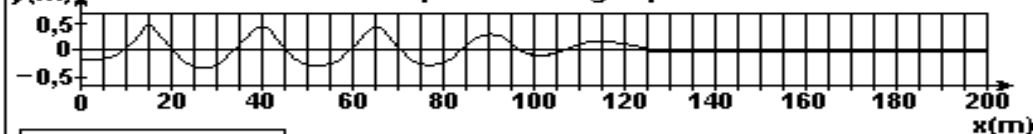
Figura 1

Perfil da superfície da água registrado, em função do tempo, pelo detector posicionado em  $x = 15$  m



Figura 2

Perfil da superfície da água para  $t = 25$  s



- a)  $f =$
- b)  $L =$
- c)  $v =$

Para esse mesmo conjunto de ondas, os resultados das medidas de sua

propagação ao longo do tanque são apresentados a seguir. Esses resultados correspondem aos deslocamentos  $y$  do nível da água em relação ao nível de equilíbrio ( $y = 0$ ) medidos no instante  $t = 25$  s para diversos valores de  $x$ . A partir desses resultados:

a) Estime a frequência  $f$ , em Hz, com que as ondas foram produzidas.

b) Estime o comprimento de onda  $L$ , em metros, das ondas formadas.

c) Estime a velocidade  $V$ , em m/s, de propagação das ondas no tanque.

d) Identifique, no gráfico da Figura 2 ( $t = 25$  s), as posições das ondas A, B, C, D e E, assinaladas na Figura 1, ainda que, como pode ser observado, as amplitudes dessas ondas diminuam com sua propagação.

**29-(FUVEST-SP)** Um vibrador produz, numa superfície líquida, ondas de comprimento 5,0cm que se propagam a velocidade de 3,0cm/s.

a) Qual a frequência das ondas?

b) Caso o vibrador aumente apenas sua amplitude de vibração, o que ocorre com a velocidade de propagação, o comprimento e a frequência das ondas?

**30-(FUVEST-SP)** Num lago o vento produz ondas periódicas que se propagam com a velocidade de 2m/s. O comprimento de onda é 10m. Determine o período de oscilação de um barco

a) quando ancorado nesse lago.

b) quando se movimenta em sentido contrário ao da propagação das ondas, com uma velocidade de 8m/s.

**31-(UECE-CE)**

Fornos de micro-ondas usam ondas de rádio de comprimento de onda



aproximadamente 12 cm para aquecer os alimentos.

Considerando a velocidade da luz igual a 300 000 km/s a frequência das ondas utilizadas é

a) 360 Hz.

b) 250 kHz.

c) 3,6 MHz.

d) 2,5 GHz.

### 32-(PUC-PR)



Para que um objeto possa ser visível em um microscópio qualquer, o comprimento de onda da radiação incidente deve ser pelo menos comparável ao tamanho do objeto. Na física quântica, o princípio da dualidade onda-partícula, introduzido por Louis de Broglie, propõe que partículas de matéria, como os elétrons, podem comportar-se como ondas de maneira similar à luz. Um exemplo de aplicação desse princípio é o que ocorre no microscópio eletrônico, em que um feixe de elétrons é produzido para “iluminar” a amostra. O comprimento de onda dos elétrons do feixe é muito menor que o da luz; com isso, consegue-se obter ampliações mil vezes maiores do que as de um microscópio óptico.

Suponha que, para visualizar o vírus  $H_1N_1$  em um microscópio eletrônico, um feixe de elétrons tenha sido ajustado para fornecer elétrons que se propagam com comprimento de onda igual ao diâmetro do vírus (supondo forma esférica). Se a velocidade de propagação da onda do feixe for de  $10^4$  m/s e a frequência for de  $10^{11}$  Hz, assinale a alternativa que corresponde ao diâmetro do vírus  $H_1N_1$ . Dado:  $1 \text{ nm (nanômetro)} = 10^{-9} \text{ m}$ .



a) 10 nm \_\_\_\_\_

b) 1 nm \_\_\_\_\_

c) 100 nm \_\_\_\_\_

d) 10  $\mu\text{m}$  \_\_\_\_\_

e) 1  $\mu\text{m}$  \_\_\_\_\_

### 33-(FGV-SP)



Veja esse quadro. Nele, o artista mostra os efeitos dos golpes intermitentes do vento sobre um trigal.

Admitindo que a distância entre as duas árvores seja de 120 m e,

supondo que a frequência dos golpes de ar e conseqüentemente do trigo balançando seja de 0,50 Hz, a velocidade do vento na ocasião retratada pela pintura é, em m/s,

- a) 2,0.                      b) 3,0.                      c) 5,0.                      d) 12.                      e) 15.

### 34-(UPE-PE)



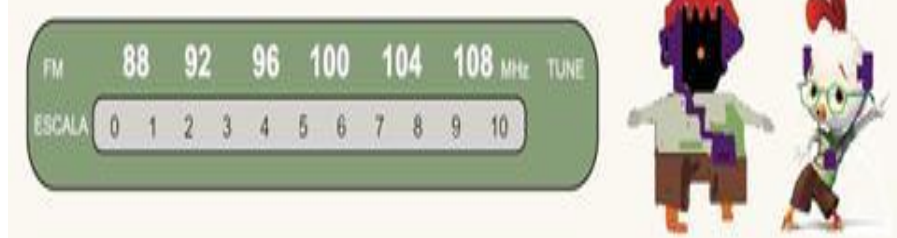
Um pulso ondulatório senoidal é produzido em uma extremidade de uma corda longa e se propaga por toda a sua extensão. A onda possui uma frequência de

50 Hz e comprimento de onda 0,5 m. O tempo que a onda leva para percorrer uma distância de 10m na corda vale em segundos:



- a) 0,2                      b) 0,4                      c) 0,6                      d) 0,7                      e) 0,9

35-(PUC-SP) O fone de ouvido tem se tornado cada vez mais um acessório indispensável para os adolescentes que curtem suas músicas em todos os ambientes e horários. Antes do advento do iPod e outros congêneres, para ouvir as músicas da parada de sucessos, os jovens tinham que carregar seu radinho portátil sintonizado em FM (frequência modulada).



Observando o painel de um desses rádios, calcule a razão aproximada entre o maior e o menor comprimento de onda para



a faixa de valores correspondentes a FM.

a) 0,81

b) 0,29

c) 1,65

d) 0,36

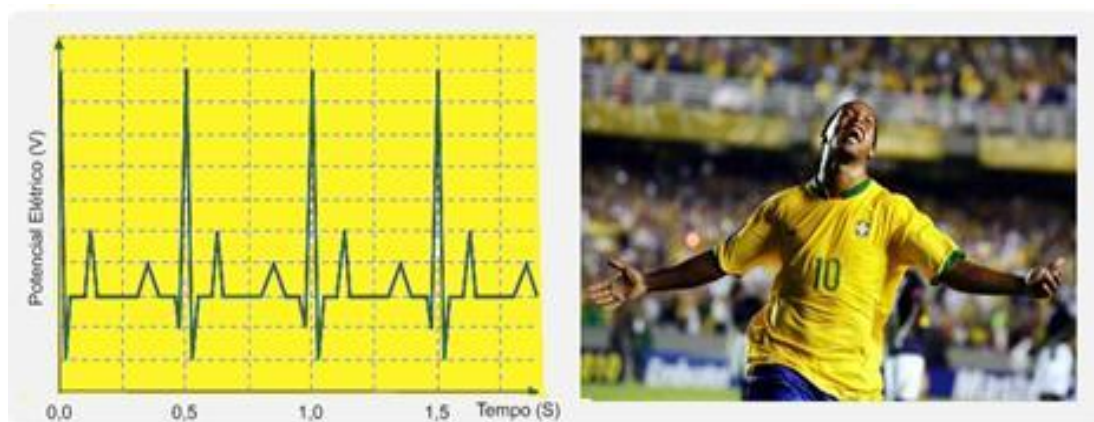
e) 1,23

**36-(CPS)**



Na Copa do Mundo de 2010, a Fifa determinou que nenhum atleta poderia participar sem ter feito uma minuciosa avaliação cardiológica prévia. Um dos testes a ser realizado, no exame ergométrico, era o eletrocardiograma. Nele é

feito o registro da variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade do coração.



Considere a figura que representa parte do

eletrocardiograma de um determinado atleta.

Sabendo que o pico máximo representa a fase final da diástole, conclui-se que a frequência cardíaca desse atleta é, em batimentos por minuto,

a) 60. \_\_\_\_\_

b) 80. \_\_\_\_\_

c) 100. \_\_\_\_\_

d) 120. \_\_\_\_\_

e) 140. \_\_\_\_\_

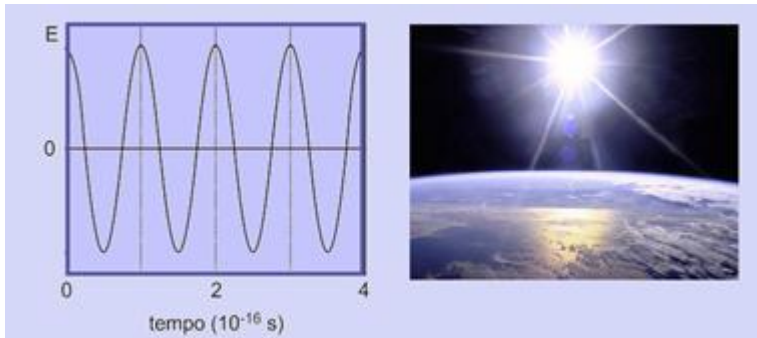
**37-(FUVEST-SP)**



Em um ponto fixo do espaço, o campo elétrico de uma radiação eletromagnética tem sempre a mesma direção e oscila no tempo, como mostra o gráfico abaixo,



que representa sua projeção  $E$  nessa direção fixa;  $E$  é positivo ou negativo conforme o sentido do campo.



Radiação eletromagnética	Frequência $f$ (Hz)
Rádio AM	$10^6$
TV (VHF)	$10^8$
micro-onda	$10^{10}$
infravermelha	$10^{12}$
visível	$10^{14}$
ultravioleta	$10^{16}$
raios X	$10^{18}$
raios $\gamma$	$10^{20}$

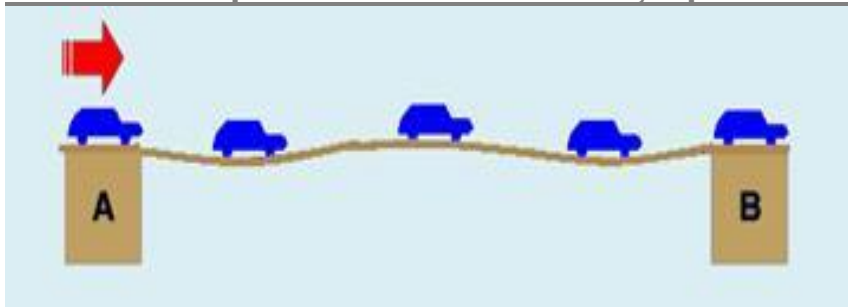
Consultando a tabela acima, que fornece os valores típicos de frequência  $f$  para diferentes regiões do espectro eletromagnético, e analisando o gráfico de  $E$  em função do tempo, é possível classificar essa radiação como

- a) infravermelha      b) visível      c) ultravioleta      d) raio X      e) raio  $\gamma$

**38-(UERJ-RJ)** A sirene de uma fábrica produz sons com frequência igual a 2640 Hz.

Determine o comprimento de onda do som produzido pela sirene em um dia cuja velocidade de propagação das ondas sonoras no ar seja igual a 1.188 km/h.

**39-(UFPR-PR)** Uma fila de carros, igualmente espaçados, de tamanhos e massas iguais faz a travessia de uma ponte com velocidades iguais e constantes, conforme mostra a figura abaixo. Cada vez que um carro entra na ponte, o impacto de seu peso provoca nela uma perturbação em forma de um pulso de onda. Esse pulso se propaga com velocidade de módulo 10 m/s no sentido de A para B. Como resultado, a ponte oscila, formando uma onda



estacionária com 3 ventres e 4 nós.

Considerando que o fluxo de carros produza na ponte uma oscilação de 1 Hz, assinale a alternativa correta para o comprimento da ponte.

a) 10 m.

b) 15 m.

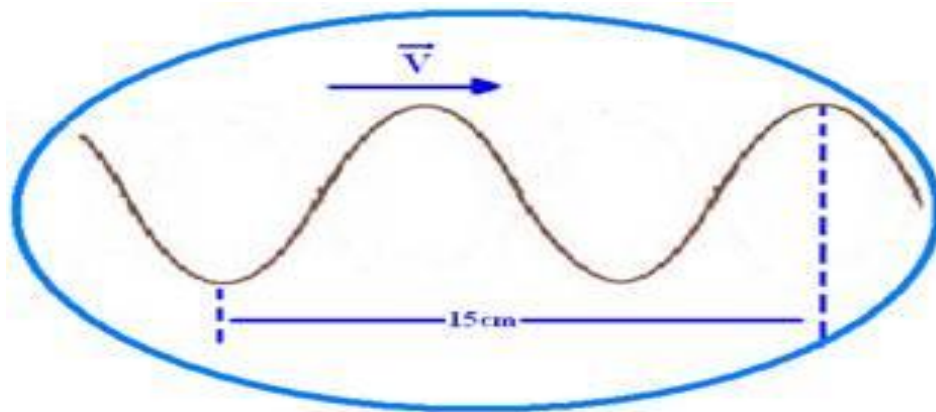
c) 20 m.

d) 30 m.

**40-(UFPE-PE)**



Na figura abaixo, mostra-se uma onda mecânica se propagando em um elástico submetido a um



certa tensão, na horizontal. A frequência da onda é  $f = 740$  Hz.

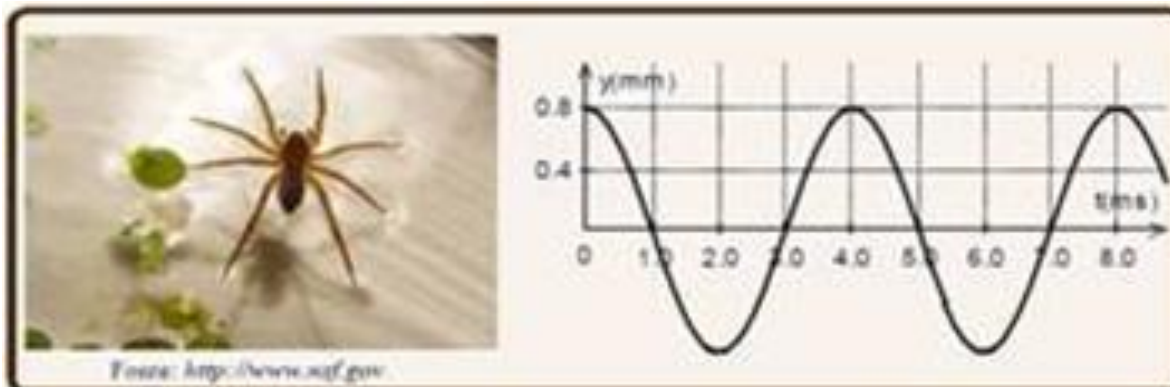
Calcule a velocidade de propagação da onda, em m/s.

**41-(IFNMG-MG)**



Algumas aranhas, valendo-se da tensão superficial, podem caminhar sobre a superfície livre da água. Para atrair eventuais presas, a aranha produz pequenas

vibrações, gerando ondas superficiais, as quais apresentam comprimento de onda



igual a 2,0 mm. O deslocamento vertical das partículas de água varia com o tempo (dado em milissegundos, ms) conforme o gráfico apresentado na figura acima.

Nessas condições, o valor da velocidade de propagação de tais ondas, expresso em cm/s, está corretamente apresentado na alternativa:

A) 80

B) 50

C) 32

D) 16

#### 42-(UNICAMP-SP)



Nos últimos anos, o Brasil vem implantando em diversas cidades o sinal de televisão digital. O sinal de televisão é transmitido



através de antenas e cabos, por ondas eletromagnéticas cuja velocidade no ar é aproximadamente igual à da luz no vácuo.

Um tipo de antena usada na recepção do sinal é a log-periódica, representada na figura abaixo, na qual o comprimento das hastes metálicas de uma extremidade

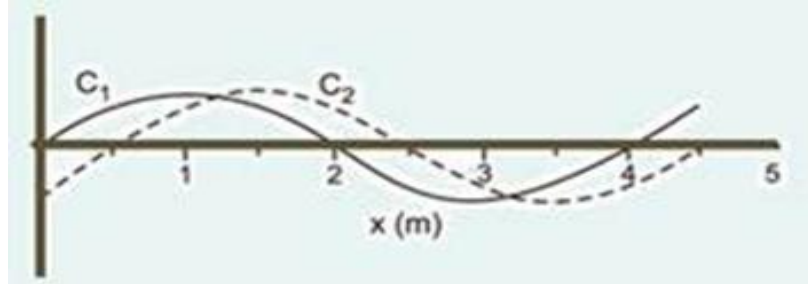
à outra,  $L$ , é variável. A maior eficiência de recepção é obtida quando  $L$  é cerca de meio comprimento de onda da onda eletromagnética que transmite o sinal no ar ( $L \approx \lambda/2$ ). Encontre a menor frequência que a antena ilustrada na figura consegue sintonizar de forma eficiente, e marque na figura a haste correspondente.



### 43-(FUVEST-SP)



A figura abaixo representa imagens instantâneas de duas cordas flexíveis idênticas,  $C_1$  e  $C_2$ , tracionadas por forças diferentes, nas quais se propagam ondas.



ondas.

Durante uma aula, estudantes afirmaram que as ondas nas cordas  $C_1$  e  $C_2$  têm:

I. A mesma velocidade de propagação.

II. O mesmo comprimento de onda.

III. A mesma frequência.

Está correto apenas o que se afirma em

#### NOTE E ADOTE

A velocidade de propagação de uma onda transversal em uma corda é igual a  $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ , sendo  $T$  a tração na corda e  $\mu$ , a densidade linear da corda.



a) I. \_\_\_\_\_

b) II. \_\_\_\_\_

c) III. \_\_\_\_\_

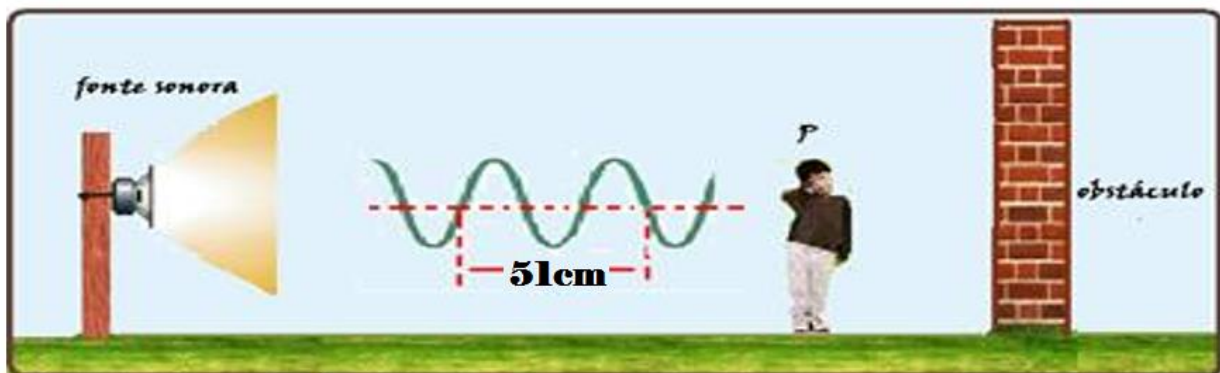
d) I e II. \_\_\_\_\_

e) II e III. \_\_\_\_\_

#### 44-(COLÉGIO NAVAL)



Analise a figura a seguir.



Uma pessoa encontra-se parada em um ponto P, distante de um obstáculo e de uma fonte sonora que emite ondas conforme a configuração mostrada na figura acima. Um som emitido pela fonte no instante  $t_0 = 0$ s passa pelo ponto P no instante  $t_1 = 0,5$ s e retorna ao ouvido da pessoa no instante  $t_2 = 2,5$ s, após ter colidido com o obstáculo. Considerando a velocidade do som no ar como sendo constante e igual a  $340\text{m/s}$ , é correto afirmar que o comprimento de onda, a frequência da fonte emissora e a distância da pessoa até o obstáculo valem, respectivamente:

(A)  $\lambda = 0,17\text{m}$ ;  $f = 1000\text{Hz}$ ;  $d = 170\text{m}$

(B)  $\lambda = 0,34\text{m}$ ;  $f = 1000\text{Hz}$ ;  $d = 340\text{m}$ .

(C)  $\lambda = 0,34\text{m}$ ;  $f = 2000\text{Hz}$ ;  $d = 170\text{m}$

(D)  $\lambda = 0,51\text{m}$ ;  $f = 1000\text{Hz}$ ;  $d = 340\text{m}$

(E)  $\lambda = 0,51\text{m}$ ;  $f = 2000\text{Hz}$ ;  $d = 680\text{m}$

## Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre Equação da Onda

### **Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre**

### **Equação da Onda (Equação fundamental da Ondulatória)**

**01- B**

**02-**

Falsa –  $T = 1/25$  —  $T = 0,04\text{s}$

Falsa –  $A = 3\text{m}$

Verdadeira –  $V = \lambda \cdot f$  —  $V = 0,2 \cdot 25$  —  $V = 5\text{m/s}$

Verdadeira

Falsa —  $l = 20\text{cm} = 0,2\text{m}$

**03- E**

**04-**

$F = 6/1,5 = 4\text{Hz}$  —  $T = 1/f = 1/4 = 0,25\text{s}$

**05-**

a)  $40\text{cm}$

b)  $V = \Delta S / \Delta t$  —  $V = 20/0,1$  —  $V = 200\text{cm/s} = 2\text{m/s}$  —  $V = \lambda \cdot f$  —  $2 = 0,4 \cdot f$  —  $f = 5\text{Hz}$

**06-**  $\Delta S = 0,2\text{m}$  —  $\Delta t = 0,008\text{s}$  —  $V = \Delta S / \Delta t$  —  $V = 2 \cdot 10^{-1} / 8 \cdot 10^{-3}$  —  $V = 0,25 \cdot 10^2$  —  $V = 25\text{m/s}$

**07-** a)  $f = 40\text{Hz}$  —  $T = 1/f$  —  $T = 1/40$  —  $T = 0,025 = 2,5 \cdot 10^{-2}\text{s}$

b)  $V = \lambda \cdot f$  —  $V = 15 \cdot 40$  —  $V = 600\text{cm/s} = 6\text{m/s}$



**08- a)  $V=\lambda.f$  —  $V=12.30$  —  $V=360\text{m/s}$  (constante-mesmo meio)**

O menor  $\lambda$  ocorre quando  $f=60\text{Hz}$  (vide gráfico) —  $360=\lambda.60$  —  $\lambda_{\text{mínimo}}=6\text{m}$

b) Quando  $\lambda=12\text{m}$ ,  $f=30\text{Hz}$  —  $T=1/f$  —  $T=1/30\text{ s}$

**09-  $V=\sqrt{F/\mu}$  —  $V=\sqrt{64/0,01}$  —  $V=\sqrt{6.400}$  —  $V=80\text{ m/s}$**

**10-  $\mu =m/L$  —  $\mu =0,01/2$  —  $\mu=0,005\text{kg/m}$  —  $V=\sqrt{200/0,005}$  —  $V=200\text{m/s}$**

**11-  $V=\sqrt{F/\mu}$  —  $40=\sqrt{24/\mu}$  —  $(40)^2 = (\sqrt{24/\mu})^2$  —  $1600 = 24/\mu$  —  $\mu = 0,015\text{kg/m}$**

$\mu =m/L$  —  $0,015 = m/2$  —  $m=0,03\text{kg}=3,0.10^{-2}\text{kg}$

**12-  $\mu =10^{-2}\text{kg/m}$  —  $F=16\text{N}$  —  $\lambda=4\text{m}$  —  $V=\sqrt{F/\mu}$  —  $V=\sqrt{16/10^{-2}}$  —  $V=4.10$  —  $V=40\text{m/s}$**

$V=\lambda.f$  —  $40=4f$  —  $f=10\text{Hz}$

**13-  $P=mg$  —  $52,9=m.10$  —  $m=5,29\text{kg}$  —  $m=m/L$  —  $m=5,29/0,5$  —  $m=10,58\text{kg/m}$**

$V=\sqrt{F/P/m}$  —  $V=\sqrt{52,9/10,58}$  —  $V=\sqrt{5\text{ m/s}}$

**14-  $V=\lambda.f$  —  $340=3,4.10^{-3}.f$  —  $f=10^5\text{Hz}$**

15- R-A

Da figura —  $\lambda=20\text{m}$  — Do gráfico —  $T=10\text{s}$  —  $f=1/T$  —  $f=1/10\text{Hz}$

$V=\lambda.f$  —  $V=20.1/10$  —  $V=2,0\text{m/s}$

**16- R: C** — Como a frequência diminui, o período que é seu inverso, aumenta.

**17- R: C** — No vácuo todas essas radiações eletromagnéticas se propagam com velocidade constante de  $3,0.10^8\text{m/s}$  e  $V=\lambda.f$

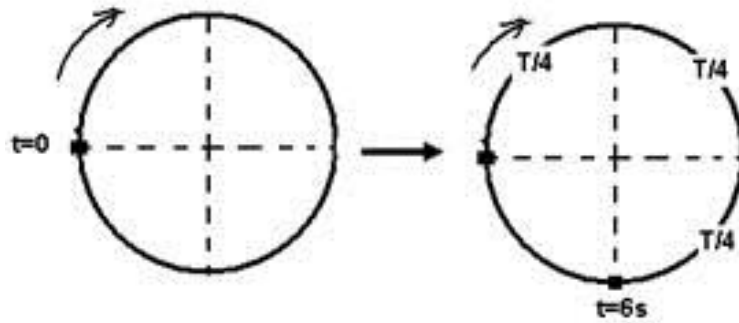
**18-  $V=\lambda.f$  —  $V=2.6$  —  $V=12\text{cm/s}$  —  $V=DS/Dt$  —  $12=60/Dt$  —  $Dt=5\text{s}$**

19- C

$\lambda=150\text{km}$  —  $V=750\text{km/h}$  —  $V=\lambda.f$  —  $750=150f$  —  $f=5\text{Hz}$  —  $T=1/f$  —  $T=1/5\text{h}$  —  $T=1/5.60$  —  $T=12\text{min}$

20-

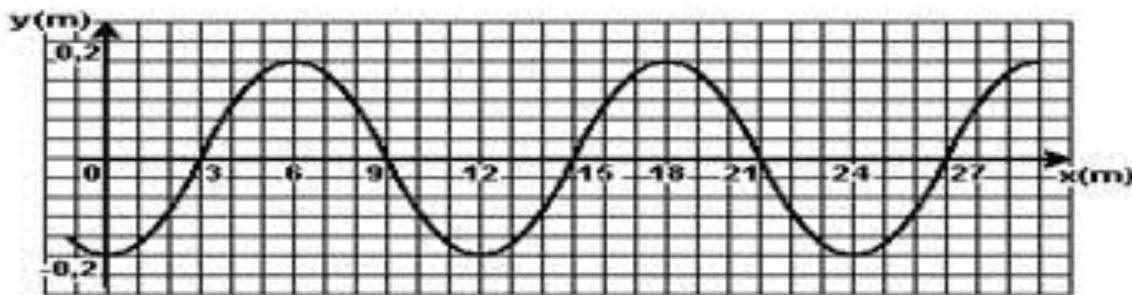
a) Trata-se de uma onda mista, pois oscila na horizontal e na vertical e estas oscilações numa onda mista ocorrem no mesmo tempo nestas duas direções.



Observe na figura acima, que o intervalo de tempo de 6s corresponde a três quartos do período T, ou seja, T=8s.

b)  $f=1/T$  —  $f=1/8\text{Hz}$  —  $V=\lambda.f$  —  $1,5=\lambda.1/8$  —  $\lambda=12\text{m}$

c)



**21-**

a) O  $N_2$  é puro quando a fração molar é zero, ou seja, quando  $V=350\text{m/s}$ .  $V=\lambda.f$  —  $350=\lambda.800.000$  —  $\lambda = 4,3.10^{-4}\text{m}$

b) A 60% —  $V=325\text{m/s}$  —  $V=\Delta S/\Delta t$  —  $325=0,1/\Delta t$  —  $\Delta t=0,00307$  —  $\Delta t=3,1.10^{-3}\text{s}$

**22-**

a)  $V=\lambda.f$  —  $3.108=\lambda.1.500.10^6$  —  $\lambda=2,0.10^{-1}\text{m}$  — porcentagem (fração) nula

b)  $V=\Delta S/\Delta t$  —  $3.10^8=100/\Delta t$  —  $\Delta t=3,3.10^{-7}\text{s}$

**23-**

a)  $V=\lambda.f$  —  $200=150.10^3.f$  —  $f=2/15.10^{-2}\text{Hz}$  —  $T=1/f$  —  $T=7,5.10^2\text{s}$  ou  $T=750\text{s}$

b)  $V=\sqrt{g.h}$  —  $V=\sqrt{10.6,4}$  —  $V=8\text{m/s}$

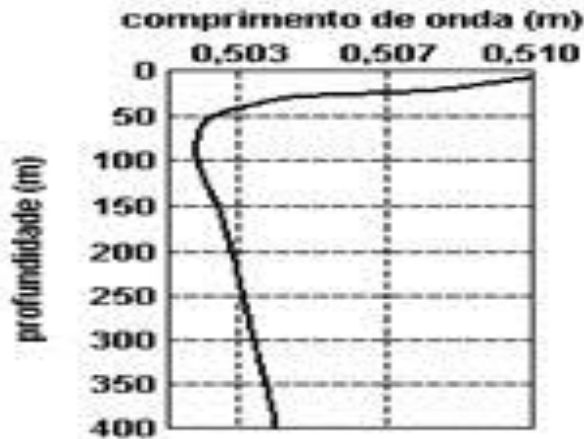
c) Como  $V \cdot A^2$  é constante —  $V_1 \cdot A_1^2$  na região de formação é igual a  $V_2 \cdot A_2^2$  na profundidade de 6,4m

$$200 \cdot 1 = 8 \cdot A_2^2 \quad \text{—} \quad A = 5\text{m}$$

**24-**

a) De acordo com o gráfico a velocidade mínima ocorre quando  $V=1505\text{m/s}$ , na profundidade de 75m

b)



**25-** Observe que, em cada 0,5s, cada crista ou cada vale ou cada ponto da onda percorre 1m

$$V = S/t \quad \text{—} \quad V = 1/0,5 \quad \text{—} \quad V = 2\text{m/s}$$

**26-**

a)  $f = \lambda B$  —  $63 \cdot 10^6 = 42 \cdot 10^6 \cdot B$  —  $B = 1,5T$  Pelo gráfico, quando  $B = 1,5T$  —  $x = 1,0\text{m}$

b)  $V = \lambda f$  —  $3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 63 \cdot 10^6$  —  $\lambda = 0,0476 \cdot 10^2$  —  $\lambda = 4,76\text{m}$

**27- B**

Mais rasa —  $V_1 \equiv \sqrt{2,5 \cdot 10}$  —  $V_1 = 5\text{m/s}$  Mais profunda —  $V_2 \equiv \sqrt{10 \cdot 10}$  —  $V_2 = 10\text{m/s}$

Como  $f$  é a mesma —  $V_1 = \lambda_1 \cdot f$  —  $5 = \lambda_1 \cdot f$  —  $f = 5/\lambda_1$

$$V_2 = \lambda_2 \cdot f \quad \text{—} \quad 10 = \lambda_2 \cdot f \quad \text{—} \quad f = 10/\lambda_2$$

$$5/\lambda_1 = 10/\lambda_2 \quad \text{—} \quad \lambda_2 = 2/\lambda_1$$

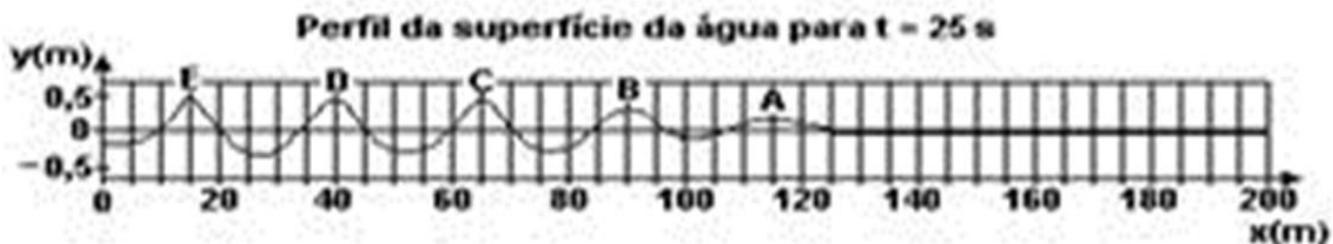
**28-**

a) No gráfico da figura 1 —  $T=5s$  —  $f=1/T$  —  $f=1/5$  —  $f=0,2Hz$

b) No gráfico da figura 2 —  $\lambda=25m$

c)  $V=\lambda.f$  —  $V=25.0,2$  —  $V=5m/s$

d)



**29-a)**  $V=\lambda.f$  —  $3=5f$  —  $f=3/5$  —  $f=0,6Hz$

b) Não se alteram, pois a amplitude  $A$  não está relacionada com  $V$ ,  $f$  e  $\lambda$ , mas apenas com a quantidade de energia transportada pela onda. Quanto maior a energia, maior a amplitude e vice-versa

**30- a)**  $V=\lambda.f$  —  $2=10.f$  —  $f=0,2Hz$  —  $T=1/f$  —  $T=1/0,2$  —  $T=5s$

b) Como se movem em sentido contrário a velocidade relativa entre o barco e a onda é de  $V=2 + 8$  —  $V=10m/s$

$V = \Delta S / \Delta t$  —  $10 = 10 / \Delta t$  —  $\Delta t = 1s$

**31-**  $\lambda = 12 cm = 0,12 m$  —  $c = 300.000 km/s = 3 \cdot 10^8 m/s$  —  $V = \lambda f$  —  $f = V/\lambda = 3 \cdot 10^8 / 0,12$  —  $f = 2,5 \cdot 10^9 Hz$  —  $f = 2,5 MHz$  — R- D

**32-**  $v = \lambda f$  —  $\lambda = v/f = 10^4 / 10^{11} = 10^{-7} m$  —  $\lambda = 100 \cdot 10^{-9} m = 100 nm$  — sendo, pelo enunciado,  $d = \lambda$  —  $d = 100 nm$  —

R- C

**33-** Observe na figura que entre as duas árvores você observa 4 comprimentos de onda ( $\lambda$ ) —  $4\lambda = 120$  —  $\lambda = 30m$  —



$V = \lambda f$  —  $V = 30 \cdot 0,5$  —  $V = 15 \text{ m/s}$  — R- E

**34-** A velocidade de propagação é dada pela expressão —  $V = \lambda f$  —

—  $V = 50 \times 0,5 = 25 \text{ m/s}$  — movimento uniforme —  $V = \Delta S / \Delta t$  —  $25 = 10 / \Delta t$  —  $\Delta t = 0,4 \text{ s}$  — R- B

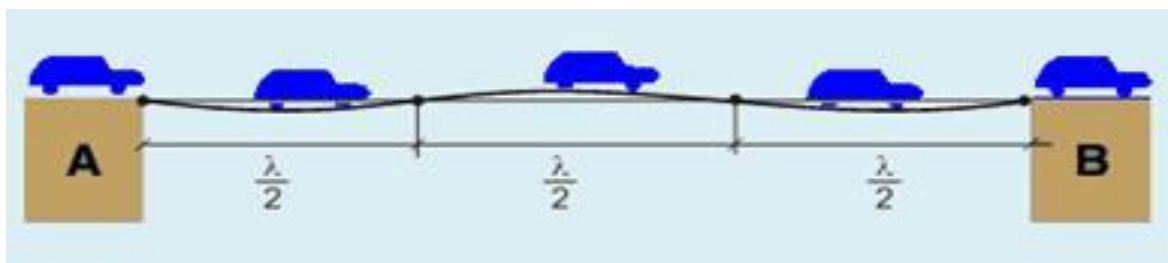
**35-** Do painel — menor frequência —  $f_1 = 88 \text{ MHz}$  — maior frequência —  $f_2 = 108 \text{ MHz}$  — equação fundamental da ondulatória,  $V = \lambda f$  — nessa equação você conclui que, num mesmo meio (mesma velocidade  $V$ ), o maior comprimento de onda corresponde à menor frequência e vice-versa —  $V = \lambda_1 f_1$  e  $V = \lambda_2 f_2$  — igualando-as —  $\lambda_1 f_1 = \lambda_2 f_2$  —  $\lambda_1 \cdot 88 = \lambda_2 \cdot 108$  —  $\lambda_1 / \lambda_2 = 1,23$  — R- E

**36-** Observando o gráfico você vê que, o período do batimento desse atleta é  $0,5 \text{ s}$  —  $T = 0,5 \text{ s}$  —  $f = 1/T = 1/0,5$  —  $f = 2 \text{ Hz}$  — portanto, você tem 2 batimentos por segundo ou  $2 \cdot 60 = 120$  batimentos por minuto — R- D

**37-** Do gráfico, você observa que o tempo entre dois picos consecutivos (período) é  $T = 10^{-16} \text{ s}$  —  $f = 1/T = 1/10^{-16}$  —  $f = 10^{16} \text{ Hz}$  — R- C

**38-**  $V = 1.188 \text{ km/h} = 330 \text{ m/s}$  —  $f = 2.640 \text{ Hz}$  —  $V = \lambda f$  —  $\lambda = V/f = 330/2.640$  —  $\lambda = 0,125 \text{ m}$

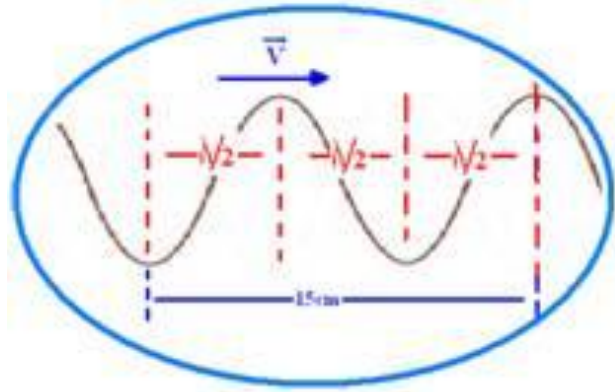
**39-** Observe na figura que — equação da onda —  $V = \lambda f$  —  $10 = \lambda \cdot 1$  —  $\lambda = 10 \text{ m}$  — comprimento da ponte —



$L = 3\lambda/2$  —  $L = 3 \cdot 10/2$  —  $L = 15 \text{ m}$

**40-**

Veja na figura abaixo que um comprimento de onda  $\lambda$  vale —  $1,5\lambda/2 = 15$  —  $\lambda = 15/1,5 = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$  — equação



fundamental da ondulatória —  $V=\lambda f=0,1.740$  —  $V=74\text{m/s}$ .

**41-**

Observe no gráfico fornecido que o período  $T$  (tempo que as ondas superficiais na superfície da água geradas pela aranha demoram para efetuar uma oscilação completa) vale  $T=4\text{ms}=4.10^{-3}\text{s}$  — frequência dessas ondas —  $f=1/T$  —

$f=1/(4.10^{-3})$  —  $f=0,25.10^3=250\text{Hz}$  — equação fundamental da ondulatória —  $v=\lambda f=2.10^{-3}.250$  —  $v=500.10^{-3}\text{m/s}$  —  $v=0,5\text{m/s}=50\text{cm/s}$  — R- B.

42- A velocidade de uma onda eletromagnética no interior do cabo é dada por  $v = c/n =$ . Qual é o comprimento de onda de uma onda de frequência  $f = 400\text{ MHz}$  que se propaga num cabo cujo isolante é o polietileno ( $K, = 2,25$ )?

Como a velocidade da luz no vácuo (e aproximadamente no ar) é constante —  $v = \lambda.f = \text{constante}$  — para que  $\lambda.f$  seja constante eles devem ser inversamente proporcionais, ou seja, à menor frequência  $f$  está associada ao maior comprimento  $\lambda$  — a haste que apresenta maior comprimento é a última da direita que mede  $L=30\text{cm}=0,3\text{m}$  — como, pelo enunciado,  $L \approx \lambda/2$  —

$\lambda = 2.L=2.0,3=0,6\text{m}$  —  $v = \lambda.f$  —  $3.10^8 = 0,6.f$  —  $f=5,0.10^8\text{ Hz}$ .

**43-**

– I. Falsa — como as cordas são idênticas, elas possuem a mesma densidade linear  $\mu$  (massa por unidade de comprimento), mas como as trações  $T$  são diferentes, pela expressão  $V=\sqrt{(T/\mu)}$  as velocidades também devem ser diferentes.

II. Correta — observe no gráfico que  $v_1= v_2=4\text{m}$ .

III. Falsa — equação fundamental da ondulatória —  $V= v.f$  — se as velocidades são diferentes e  $v$  é o mesmo, as frequências  $f$  devem ser diferentes.

R- B

**44-**



3  $\lambda/2=0,51$  —  $3\lambda=1,02$  —  $\lambda=0,34\text{m}$  — equação fundamental da ondulatória —  
 $V= \lambda f$  —  $340=0,34.f$  —  $f=1000\text{Hz}$  — se a distância da pessoa ao obstáculo é  $d$ ,  
o som vai e volta percorrendo  $2d$ , com  $V=340\text{m/s}$  em  $\Delta t=2,0\text{s}$  —  $V=2d/\Delta t$  —  
 $340=2d/2,0$  —  $d=d=340\text{m}$  — R- B.

[Voltar para os exercícios](#)