

# MÓDULO 1

## I - ONDAS

### 1- INTRODUÇÃO

#### 1.1- CONCEITO DE ONDA

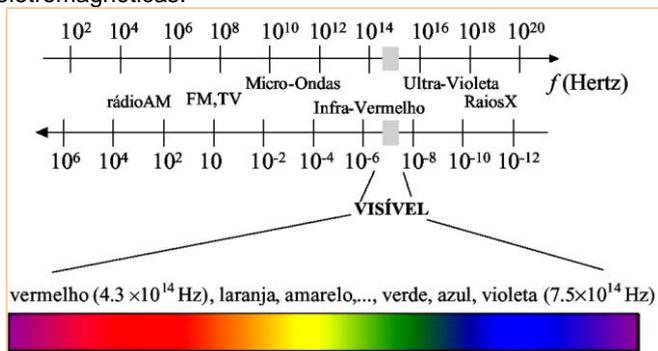
**Onda** é uma perturbação de um meio elástico, ou campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento. *Uma onda não transporta matéria.*

#### 1.2- NATUREZA DAS ONDAS

**a- ondas mecânicas:** são as constituídas por impulsos mecânicos que se transmitem através de vibrações das partículas que constituem o meio. Por esta razão, **as ondas mecânicas não se propagam no vácuo.** O som é uma mecânica.



**b- ondas eletromagnéticas:** são criadas por cargas elétricas vibrantes, cujo movimento de vibração origina campos elétricos e magnéticos oscilantes. **As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.** As ondas de rádio, a luz e os raios X são exemplos de ondas eletromagnéticas.



Qualquer onda eletromagnética propaga-se no vácuo com uma mesma velocidade, c:  
 $C=300.000 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

#### 1.3- ONDAS UNI, BI E TRIDIMENSIONAIS.

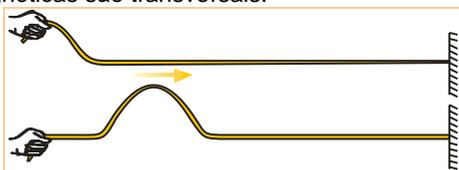
**a- Ondas Unidimensionais:** são aquelas se propagam em uma só direção. Ex.: ondas em cordas.

**b- Ondas Bidimensionais:** são aquelas que se propagam num plano. Ex.: ondas na superfície de um lago.

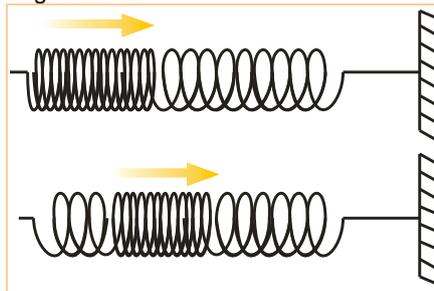
**c- Ondas Tridimensionais:** são aquelas que se propagam em todas as direções. Ex.: ondas sonoras no ar atmosférico.

#### 1.4- ONDAS TRANSVERSAIS, LONGITUDINAIS E MISTAS

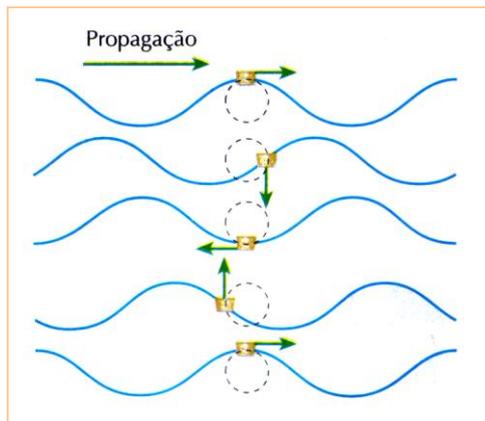
**a- Ondas Transversais:** são aquelas cujas vibrações são perpendiculares à direção de propagação. As ondas eletromagnéticas são transversais.



**b- Ondas Longitudinais:** são aquelas cujas vibrações coincidem com a direção de propagação. O som nos fluidos é uma onda longitudinal.

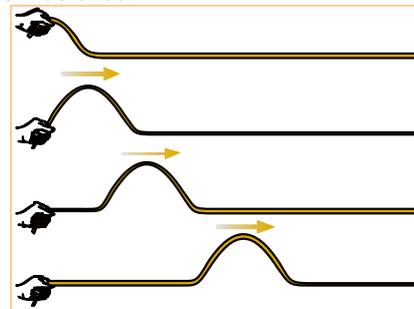


**c- Ondas Mistas:** são ondas em que as partículas vibram longitudinal e transversalmente, ao mesmo tempo. O som nos sólidos e as ondas nas superfícies dos líquidos são ondas mistas.



#### 1.5- PULSOS (ONDA SIMPLES)

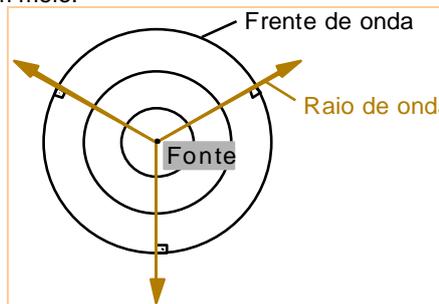
Chama-se pulso a onda que corresponde a uma perturbação simples, ou seja, quando produzimos num meio um único abalo. Quando produzimos em um meio, vários abalos, o meio é percorrido por um conjunto de pulsos chamado trem de onda.



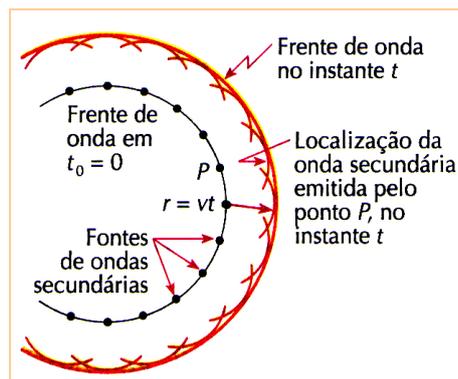
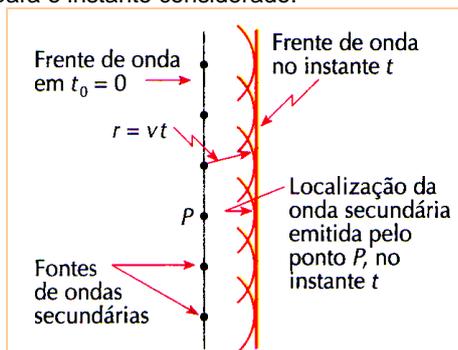
#### 1.6- FRENTE DE ONDA E RAIOS DE ONDA

**a- Frente de Onda:** é a fronteira entre a região atingida pela onda e a região ainda não atingida.

**b- Raio de Onda:** é uma linha orientada que tem origem na fonte de onda e é perpendicular às frentes de onda. Os raios de onda indicam a direção e o sentido de propagação das ondas num meio.



**c- Princípio de Huygens:** cada ponto de uma frente de onda se comporta como se fosse uma fonte de ondas secundárias; a envolvente de todas as frentes de ondas secundárias, num instante qualquer, fornece a nova posição da frente de onda principal para o instante considerado.



**1.7- PERÍODO**

O período (T) de uma onda é o tempo necessário para que um ponto do meio onde a onda se propaga execute uma oscilação (vibração) completa. Unidade de medida no SI: segundo (s)

**1.8- FREQUÊNCIA**

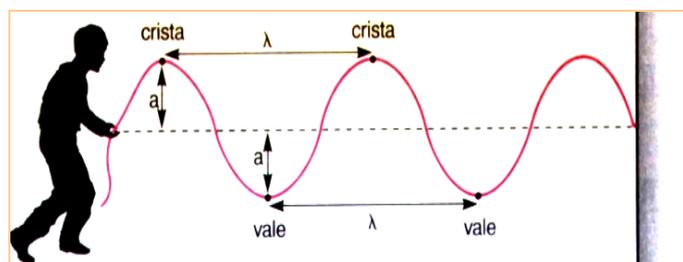
A frequência (f) de uma onda é o número de oscilações (vibrações) executadas por qualquer ponto do meio onde ela se propaga, na unidade de tempo.

A relação entre a frequência e o período é dado por:  
Unidade de medida no SI:  $s^{-1}$  = Hertz (Hz)

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

**1.9- COMPRIMENTO DE ONDA**

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) é o espaço percorrido por uma onda no intervalo de tempo igual a um período.



No caso de um trem de ondas periódicas, a distância entre dois "vales" consecutivos ou duas "cristas" consecutivas é igual a um comprimento de onda.

Sendo v a velocidade de propagação da onda, será o produto desta velocidade pelo período.

$$\lambda = v.T$$

$$v = \lambda.f$$

**EXERCÍCIOS DE AULA**

**1. (FURG)** As seguintes afirmações estão relacionadas às ondas eletromagnéticas.

- I. A luz é uma onda transversal.
- II. A velocidade da luz no vácuo é diferente para cada cor.
- III. A radiação infra-vermelha corresponde a um comprimento de onda menor do que o da cor vermelha.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas I e II
- d) Apenas II e III
- e) Todas

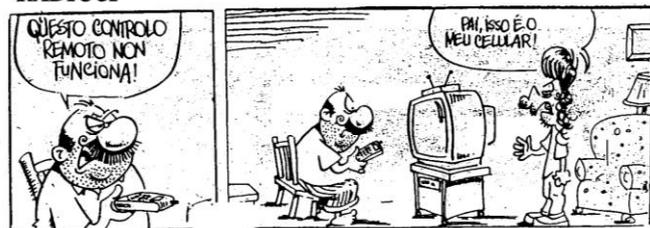
**2.** Entre as afirmações seguintes há uma errada. Qual?

- a) Os raios de onda são sempre perpendiculares à frente de onda.
- b) Toda onda transporta energia, sem transportar matéria.
- c) Nas ondas planas, as frentes de onda são superfícies esféricas concêntricas com a fonte.
- d) À medida que uma onda se propaga num meio, os pontos atingidos pela perturbação recebem sempre a mesma energia.
- e) Nas ondas bidimensionais retas, as frentes de onda são retas paralelas.

**3. (MACK)** Um menino na beira de um lago observou uma rolha que flutuava na superfície da água, completando uma oscilação vertical a cada 2 s, devido à ocorrência de ondas. Esse menino estimou como sendo 3 m à distância entre duas cristas consecutivas. Com essas observações, o menino concluiu que a velocidade de propagação dessas ondas era de

- a) 0,5 m/s
- b) 1,0 m/s
- c) 1,5 m/s
- d) 3,0 m/s
- e) 6,0 m/s

**4. (UNISINOS) RADICCI**



(Zero Hora - 20/10/97)

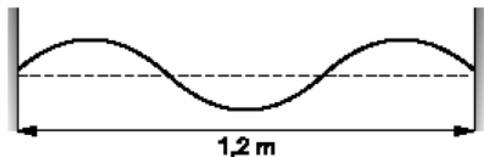
O controle remoto e o telefone celular são emissores de ondas eletromagnéticas. A respeito das ondas eletromagnéticas afirma-se que:

- I- são ondas transversais.
- II- não se propagam no vácuo.
- III- as que têm maior frequência têm menor comprimento de onda.

Das afirmações acima:

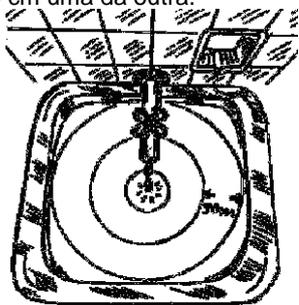
- a) somente I é correta.
- b) Somente II é correta.
- c) Somente I e II são corretas.
- d) Somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

5. (PUCSP) Uma onda senoidal que se propaga por uma corda (como mostra a figura) é produzida por uma fonte que vibra com uma frequência de 150 Hz. O comprimento de onda e a velocidade de propagação dessa onda são



- a)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 80 \text{ m/s}$
- b)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$
- c)  $\lambda = 0,8 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$
- d)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 180 \text{ m/s}$
- e)  $\lambda = 1,2 \text{ m}$  e  $v = 120 \text{ m/s}$

6. (UFPEL) O estudante Marcelo observa uma torneira com defeito que pinga 30 gotas por minuto na água de um tanque. Na superfície do líquido, formam-se ondas circulares cujas cristas distam 3,0 cm uma da outra.



Utilizando o Sistema Internacional de Unidades, responda às seguintes perguntas e justifique suas respostas.

- a) Qual é o período das ondas que se propagam na água do tanque?
- b) Qual a frequência dessas ondas?
- c) Qual a velocidade de propagação das ondas formadas?

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (UFRS) Considere as afirmações abaixo:

I- As ondas luminosas são constituídas pelas oscilações de um campo elétrico e de um campo magnético.

II- As ondas sonoras precisam de um meio material para se propagar.

III- As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar.

Quais delas são corretas?

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

2. (UFRS) Classifique cada exemplo de onda (coluna da direita) de acordo com o tipo correspondente (coluna da esquerda).

- 1- longitudinal ( ) ondas sonoras
- ( ) ondas de rádio
- 2- transversal ( ) onda em uma corda de violão.

A seqüência de números que estabelece as associações correta na coluna da direita, quando lida de cima para baixo, é:

- a) 1 - 2 - 2
- b) 1 - 1 - 2
- d) 2 - 1 - 2
- c) 1 - 2 - 1
- e) 2 - 1 - 1

3. (UNISINOS) Para evitar acidentes e oferecer mais segurança nas viagens, locomotivas da RFFSA passam a usar, a partir de março do ano passado, um sistema inédito de comunicação via microondas (Zero Hora, 10/09/93).

As microondas, amplamente utilizadas nas telecomunicações, são ondas ..... com frequência ..... do que as ondas luminosas.

As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- a) mecânicas; maior
- b) mecânicas; menor
- c) sonoras; maior
- d) eletromagnéticas; menor
- e) eletromagnética; maior

4. (UFRS) Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas mencionadas encontram-se em ordem crescente de suas frequências?

- a) Luz visível, raios X e infravermelho
- b) Raios X, infravermelho e ondas de rádio
- c) Raios gama, luz visível e microondas
- d) Raios gama, microondas e raios X
- e) Ondas de rádio, luz visível e raios X

5. (UFRS) Considere as seguintes afirmações:

I- A velocidade de propagação da luz é a mesma em todos os meios.

II- As microondas, usadas em telecomunicações para transportar sinais de TV ou conversações telefônicas, são eletromagnéticas.

III- Ondas eletromagnéticas são ondas do tipo longitudinal.

Quais estão corretas?

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

6. (UFSP) Cientistas descobriram que a exposição das células humanas endoteliais à radiação dos telefones celulares pode afetar a rede de proteção do cérebro. As microondas emitidas pelos celulares deflagram mudanças na estrutura da proteína dessas células, permitindo a entrada de toxinas no cérebro.

(Folha de S.Paulo, 25.07.2002)

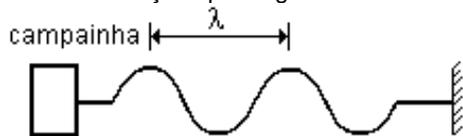
As microondas geradas pelos telefones celulares são ondas de mesma natureza que

- a) o som, mas de menor frequência.
- b) a luz, mas de menor frequência.
- c) o som, e de mesma frequência.
- d) a luz, mas de maior frequência.
- e) o som, mas de maior frequência.

- 7. (UCS)** Os raios X, as radiações infravermelha e ultravioleta, bem como a luz visível são radiações eletromagnéticas que transportam energia na sua propagação. Tendo presentes as radiações eletromagnéticas acima, é correto afirmar que:
- todas apresentam a mesma velocidade no vácuo.
  - a radiação ultravioleta tem velocidade maior na água do que no vácuo.
  - todas se propagam em qualquer meio com a mesma velocidade com que se propagam no vácuo.
  - o raio X tem maior comprimento de onda do que a radiação infravermelha.
  - a luz amarela tem freqüência menor do que a luz vermelha.

- 8. (FAU)** O Princípio de Huygens estabelece que:
- cada ponto de uma frente de onda serve de fonte para ondas secundárias.
  - as frentes de onda primárias e secundárias são sempre paralelas.
  - a luz é constituída de partículas e ondas.
  - o som é onda transversal.
  - nenhuma das anteriores é correta.

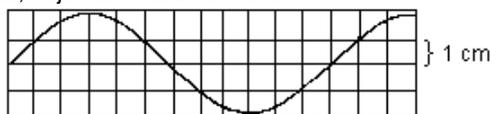
- 9. (PUC)** A lâmina de uma campainha elétrica imprime a uma corda esticada 60 vibrações por segundo.



- Se a velocidade de propagação das ondas na corda for de 12 m/s, então a distância  $\lambda$  entre duas cristas sucessivas, em metros, será de:
- 0,6
  - 0,5
  - 0,4
  - 0,3
  - 0,2

- 10. (UFRS)** A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no ar é de aproximadamente  $3 \cdot 10^8$  m/s. Uma emissora de rádio que transmite sinais (ondas eletromagnéticas) com freqüência de  $9,7 \cdot 10^6$  Hz pode ser sintonizada em ondas curtas na faixa (comprimento de onda) de aproximadamente:
- 19 m.
  - 25 m.
  - 31 m.
  - 49 m.
  - 60 m.

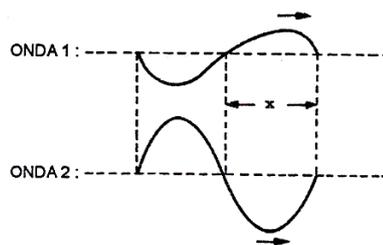
- 11. (Fund. Carlos Chagas-SP)** O gráfico representa a forma de um fio, em um determinado instante, por onde se propaga uma onda, cuja velocidade é 6 cm/s.



- Determine:
- a amplitude da onda;
  - o comprimento de onda;
  - a freqüência da onda.

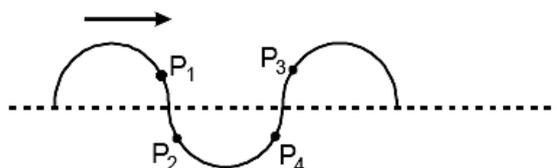
- 12. (UFRGS)** As cores azul, verde e vermelho estão na ordem crescente de seus comprimentos de onda. São cores monocromáticas, produzidas por três diferentes lasers. Qual das alternativas coloca essas cores em ordem crescente de suas freqüências?
- azul, verde, vermelho
  - azul, vermelho, verde
  - vermelho, verde, azul
  - vermelho, azul, verde
  - verde, azul, vermelho

- 13. (FURG)** Na figura são representadas, esquematicamente, duas ondas transversais que se propagam em um mesmo meio.



- Considerando que a onda 1 possui freqüência  $f_1$  e amplitude  $A_1$ , e a onda 2 possui freqüência  $f_2$  e amplitude  $A_2$ , assinale a alternativa correta.
- $f_1 > f_2$  e  $A_1 < A_2$ .
  - $f_1 < f_2$  e  $A_1 < A_2$ .
  - $f_1 > f_2$  e  $A_1 = A_2$ .
  - $f_1 = f_2$  e  $A_1 > A_2$ .
  - $f_1 = f_2$  e  $A_1 < A_2$ .

- 14. (UEL)** O esquema a seguir representa, em determinado instante, um trecho de uma onda senoidal que se propaga numa corda da esquerda para a direita.



- Considerando-se os pontos P1, P2, P3 e P4 indicados no esquema, é correto afirmar que, no instante representado, estão se afastando da posição de equilíbrio os pontos
- P1 e P2
  - P1 e P3
  - P1 e P4
  - P2 e P4
  - P3 e P4

- 15. (UFPEL)** Considere uma onda transversal de amplitude  $A$ , deslocando-se com velocidade  $v$  e período  $T$ . É correto afirmar que sua amplitude  $A$  é:
- a elongação mínima, seu comprimento de onda  $\lambda$  é dado pelo produto da velocidade  $v$  pela amplitude  $A$ , e sua freqüência  $f$  é dada pelo quadrado do período  $T$ .
  - proporcional à velocidade  $v$ , seu comprimento de onda  $\lambda$  é dado pela razão da velocidade  $v$  pelo período  $T$ , e sua freqüência é dada pelo inverso da velocidade  $v$ .
  - a elongação máxima, seu comprimento de onda  $\lambda$  é dado pelo produto da velocidade pelo período  $T$ , e sua freqüência é dada pelo inverso do período.
  - o produto da velocidade  $v$  pela freqüência  $f$ , seu período  $T$  é dado pelo inverso da freqüência  $f$ , e sua freqüência  $f$  é dada pelo inverso do período  $T$ .
  - proporcional à velocidade  $v$ , seu período  $T$  é dado pela razão entre velocidade  $v$  e o comprimento de onda  $\lambda$ , e sua freqüência  $f$  é diretamente proporcional ao período  $T$ .
  - I.R.

### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 1. (UEL)** A propagação de ondas envolve, necessariamente,
- transporte de energia.
  - transformação de energia.
  - produção de energia.
  - movimento de matéria.
  - transporte de matéria e energia.

2. Frente de onda é
- o mesmo que raio de onda.
  - o conjunto dos pontos atingidos ao mesmo tempo por uma dada perturbação.
  - o mesmo que fonte de onda.
  - o conjunto de todos os pontos do meio em que a onda está se propagando.
  - o ponto que é inicialmente perturbado.

03. Raio de onda é
- o mesmo que frente de onda.
  - o conjunto dos pontos atingidos ao mesmo tempo por uma dada perturbação.
  - o conjunto de todos os pontos do meio onde a onda se propaga.
  - uma linha orientada perpendicular à frente de onda, servindo para indicar a direção e o sentido de propagação.
  - o raio da frente de onda quando essa é circular ou esférica.

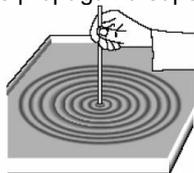
4. Independentemente da natureza de uma onda, sua propagação envolve necessariamente
- movimento de matéria.
  - transporte de energia.
  - transformação de energia.
  - produção de energia.
  - transporte de energia e de matéria.

5. (ITA) Considere os seguintes fenômenos ondulatórios:
- III - Luz
  - III - Som no ar
  - III - Perturbação propagando-se numa mola helicoidal esticada.

- Podemos afirmar que
- I, II e III necessitam de um suporte material para propagar-se.
  - I é transversal, II é longitudinal e III tanto pode ser transversal como longitudinal.
  - I é longitudinal, II é transversal e III é longitudinal.
  - I e II podem ser longitudinais.
  - somente III é longitudinal.

6. (UFPA) Uma onda mecânica é dita transversal se as partículas do meio movem-se
- perpendicularmente à sua direção de propagação.
  - paralelamente à direção de propagação da onda.
  - transportando matéria na direção de propagação da onda.
  - com a velocidade da luz na direção de propagação da onda.
  - em movimento retilíneo e uniforme.

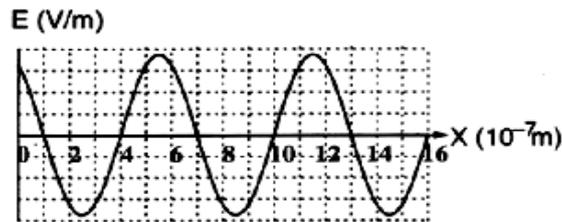
7. (PUCSP) Utilizando um pequeno bastão, um aluno produz, a cada 0,5 s, na superfície da água, ondas circulares como mostra a figura. Sabendo-se que a distância entre duas cristas consecutivas das ondas produzidas é de 5 cm, velocidade com que a onda se propaga na superfície do líquido é



- 2,0 cm/s
- 2,5 cm/s
- 5,0 cm/s
- 10 cm/s
- 20 cm/s

8. (FATEC) No centro de um tanque com água, uma torneira pinga a intervalos regulares de tempo. Um aluno contou 10 gotas pingando durante 20 s de observação e notou que a distância entre duas cristas sucessivas das ondas circulares produzidas na água do tanque era de 20 cm. Ele pode concluir corretamente que a velocidade de propagação das ondas na água é de
- 0,10 m/s
  - 0,20 m/s
  - 0,40 m/s
  - 1,0 m/s
  - 2,0 m/s

9. (VUNESP) A figura representa, num determinado instante, o valor (em escala arbitrária) do campo elétrico E associado a uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo, ao longo do eixo X, correspondente a um raio de luz de cor laranja. A velocidade da luz no vácuo vale  $3,0 \cdot 10^8$  m/s.

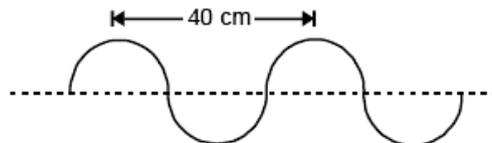


- Podemos concluir que a frequência dessa luz de cor laranja vale, em hertz, aproximadamente,
- 180
  - $4,0 \cdot 10^{-15}$
  - $0,25 \cdot 10^{15}$
  - $2,0 \cdot 10^{-15}$
  - $0,5 \cdot 10^{15}$

10. (UEL) Qual é a velocidade de uma onda que se propaga na superfície de um meio líquido com uma frequência de 10 ciclos por segundo e um comprimento de onda igual a 0,20 cm?
- 0,020 cm/s
  - 0,20 cm/s
  - 2,0 cm/s
  - 20 cm/s
  - $20 \cdot 10$  cm/s

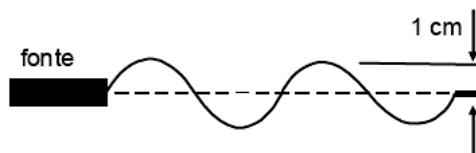
11. (UEL) Uma onda periódica transversal se propaga numa mola, onde cada ponto executa uma oscilação completa a cada 0,20 s. Sabendo-se que a distância entre duas cristas consecutivas é 30 cm, pode-se concluir que a velocidade de propagação dessa onda é, em m/s, igual a
- 0,15
  - 0,60
  - 1,5
  - 3,0
  - 6,0

12. (UEL) Uma onda senoidal se propaga numa corda com velocidade de 10 m/s. O esquema a seguir mostra um trecho da corda durante a propagação ondulatória.



- A frequência dessa onda, em Hz, é igual a
- $4,0 \cdot 10^{-2}$
  - 2,5
  - 4,0
  - 6,0
  - 25

13. (UFU) Em 2 segundos, uma fonte de ondas periódicas determina numa corda tensa o aspecto apresentado na figura abaixo. As ondas se propagam na corda com velocidade de 8 cm/s.

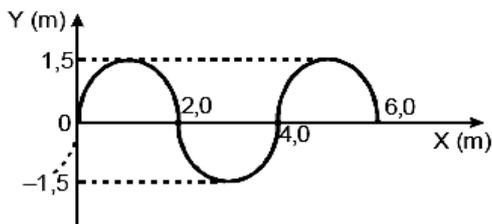


- O período da fonte é 2 s.
- A frequência da fonte é 0,5 Hz.
- O período das ondas é 0,5 s.
- O comprimento de onda das ondas é 8 cm.
- A amplitude das ondas é 2 cm.

14. (VUNESP) O período de uma onda num lago é 2,0 s e sua velocidade 1,0 m/s. Seu comprimento de onda é

- a) 0,5 m
- b) 1,0 m
- c) 1,5 m
- d) 2,0 m
- e) 3,0 m

15. (UERJ) Uma onda de frequência 40,0 Hz se comporta como mostra o diagrama a seguir:



Nas condições apresentadas, pode-se concluir que a velocidade de propagação da onda é

- a)  $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m.s}^{-1}$
- b)  $10 \text{ m.s}^{-1}$
- c)  $80 \text{ m.s}^{-1}$
- d)  $1,6 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$
- e)  $2,4 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$

16. (USC) Em 50 segundos, uma fonte de ondas periódicas determina, em uma corda tensa, 10 ondas completas que se propagam com velocidade de 8 cm/s.

A frequência, o período e o comprimento de onda dessas ondas serão respectivamente de

- a) 0,2 Hz, 5 min e 0,4 cm
- b) 0,2 Hz, 0,2 s e 40 cm
- c) 0,2 Hz, 5 s e 40 m
- d) 5 Hz, 0,2 s e 0,4 cm
- e) 0,2 Hz, 5 s e 0,4 m

17. (UESC) No vácuo, as radiações eletromagnéticas têm:

- a) a mesma amplitude.
- b) a mesma frequência.
- c) a mesma velocidade.
- d) o mesmo período.
- e) o mesmo comprimento de onda.

18. (ITA) A faixa de emissão de rádio em frequência modulada no Brasil vai de, aproximadamente, 88 MHz a 108 MHz.

A razão entre o maior e o menor comprimento de onda dessa faixa é

- a) 1,2
- b) 15
- c) 0,6
- d) 0,81
- e) Sem a velocidade de propagação da onda, é impossível calcular.

19. (VUNESP) Isaac Newton demonstrou, mesmo sem considerar o modelo ondulatório, que a luz do sol que vemos branca, é o resultado da composição adequada das diferentes cores. Considerando hoje o caráter ondulatório da luz, podemos assegurar que ondas de luz correspondentes às diferentes cores terão sempre, no vácuo,

- a) o mesmo comprimento de onda.
- b) a mesma frequência.
- c) o mesmo período.
- d) a mesma amplitude.
- e) a mesma velocidade.

20. (CESGRANRIO) Uma estação de rádio transmite seus programas em ondas curtas de 40 m. Sabendo que a velocidade de propagação das ondas é igual a 300.000 km/s, a frequência será de

- a)  $7,5 \cdot 10^5 \text{ Hz}$
- b)  $7,5 \cdot 10^6 \text{ Hz}$
- c)  $750 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

- d)  $1.200 \cdot 10^6 \text{ Hz}$
- e)  $7,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$

## GABARITO

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) E	2) A	3) D	4) E	5) B
6) B	7) A	8) A	9) E	10) C
11) a) 2cm	b) 12cm	c) 0,5hz	12) C	13) E
14) C	15) C			

### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

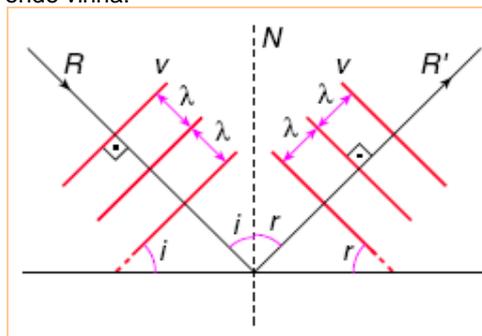
1) A	2) B	3) D	4) B	5) B	6) A	7) D
8) A	9) E	10) C	11) C	12) E	13) D	14) D
15) D	16) E	17) C	18) A	19) E	20) B	

## MÓDULO 2

### II - FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

#### 2.1- REFLEXÃO DE ONDAS

Reflexão é o fenômeno que consiste em uma onda atingir a superfície de separação de dois meios e voltar para o meio de onde vinha.



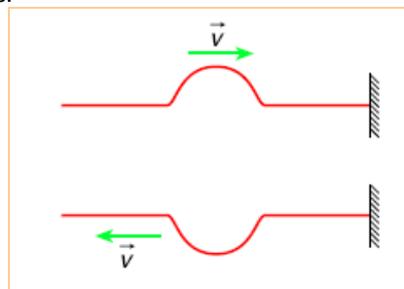
#### a- PROPRIEDADES DA REFLEXÃO

1º- Na reflexão, a frequência, a velocidade e o comprimento de onda não variam.

2º- Ondas transversais em cordas

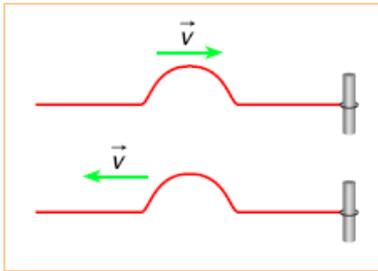
#### • EXTREMIDADE FIXA

Se a extremidade da corda é fixa, o pulso sofre reflexão com inversão de fase, mantendo todas as outras características.

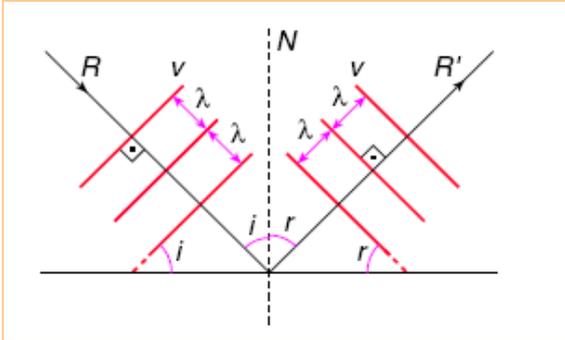


#### • EXTREMIDADE LIVRE

Se a extremidade é livre, o pulso refletido não sofre inversão de fase. A onda mantém todas as suas características.



**b- REFLEXÃO DE UMA ONDA PLANA NUMA SUPERFÍCIE PLANA**



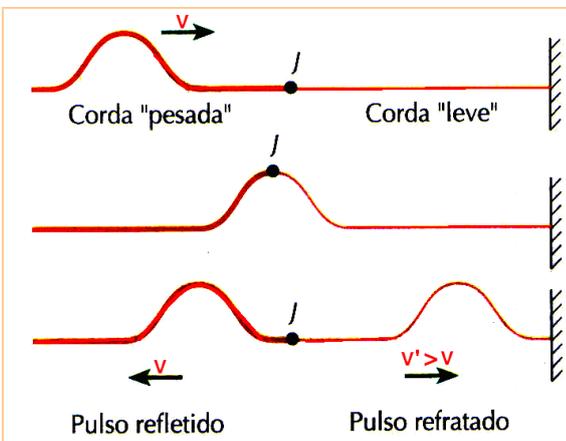
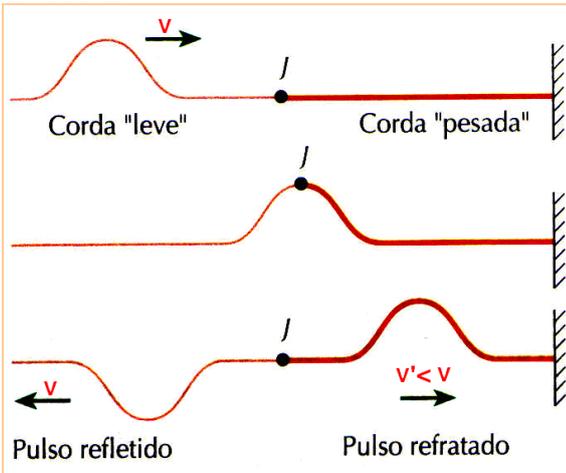
**2.2- REFRAÇÃO DE ONDAS**

Refração é o fenômeno que consiste em uma onda passar de um meio para outro diferente, com alteração na sua velocidade de propagação.

**a- PROPRIEDADES DA REFRAÇÃO**

*A Frequência e a Fase não variam*

A onda refratada está sempre em concordância de fase com a incidente.

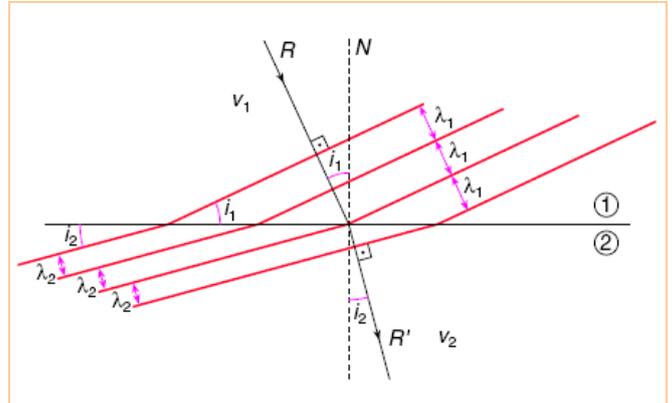


A mesma conclusão acima é válida para as ondas eletromagnéticas. Quando o segundo meio é mais refringente que o primeiro, a luz se reflete com inversão de fase.

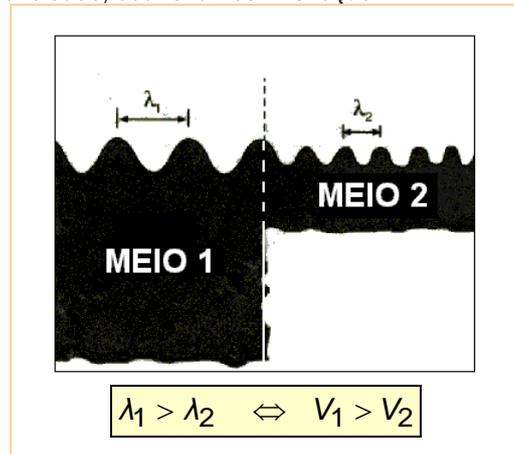
**A velocidade e o comprimento de onda variam na mesma proporção.**

Isto acontece porque a frequência é a mesma nos dois meios.

$$\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } i_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

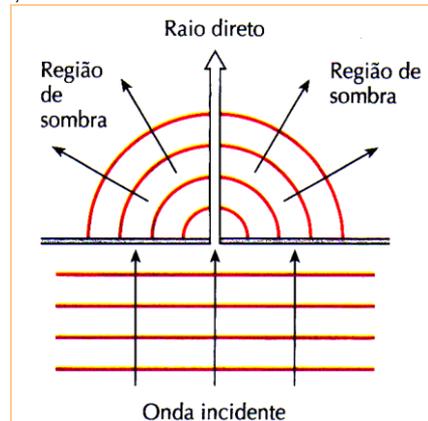


Quando uma onda na superfície de um líquido, muda de profundidade, ocorre também refração.



**2.3- DIFRAÇÃO**

É o fenômeno pelo qual uma onda tem a capacidade de contornar um obstáculo. A difração é uma consequência do princípio de Huyghens, que diz: cada ponto de uma frente de onda, num determinado instante, é uma fonte de ondas secundárias, com mesmas características da onda inicial.

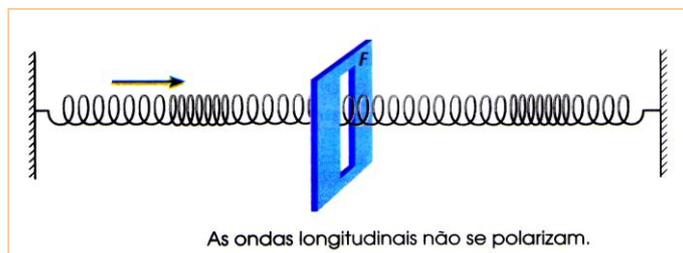
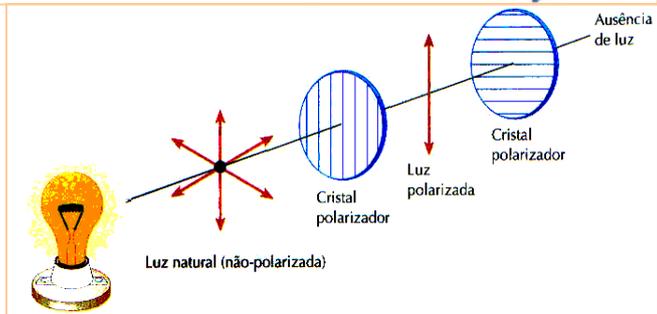
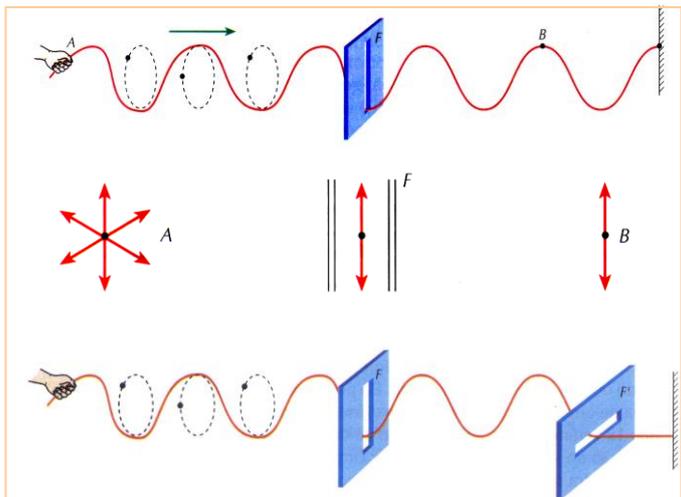


A difração pode ser observada sempre que uma onda ultrapassa um obstáculo ou uma abertura cujas dimensões sejam comparáveis ao seu comprimento de onda. É um fenômeno que pode ocorrer com qualquer tipo de onda.

A difração da luz só é nítida quando a dimensão do obstáculo for muito pequena ( $\lambda \cong 5 \cdot 10^{-7} m$ ).

**2.4- POLARIZAÇÃO**

Uma onda natural (não polarizada) é aquela que possui várias direções de vibração, em relação a direção de propagação. Polarizar uma onda é fazê-la vibrar em uma única direção. A polarização é exclusiva das ondas transversais, não ocorrendo esse fenômeno com as ondas longitudinais.



**2.5- PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO**

A perturbação resultante em cada ponto do meio, durante a superposição, é a adição das perturbações que seriam causadas pelas ondas separadamente.

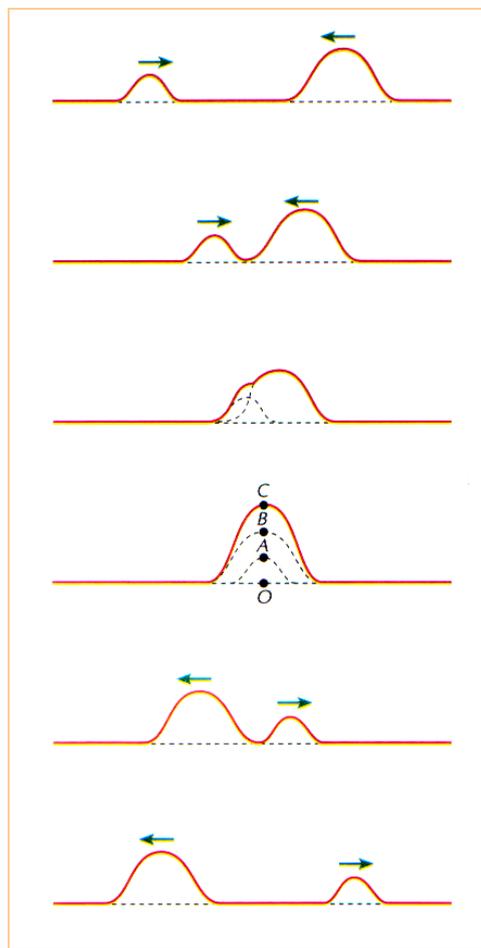
Depois da superposição, as ondas têm a mesma forma que antes e continuam a se propagar como antes (Independência das ondas).

**2.6- INTERFERÊNCIA**

Ocorre pela superposição de duas ou mais ondas, de mesma natureza, que se propagam no mesmo meio.

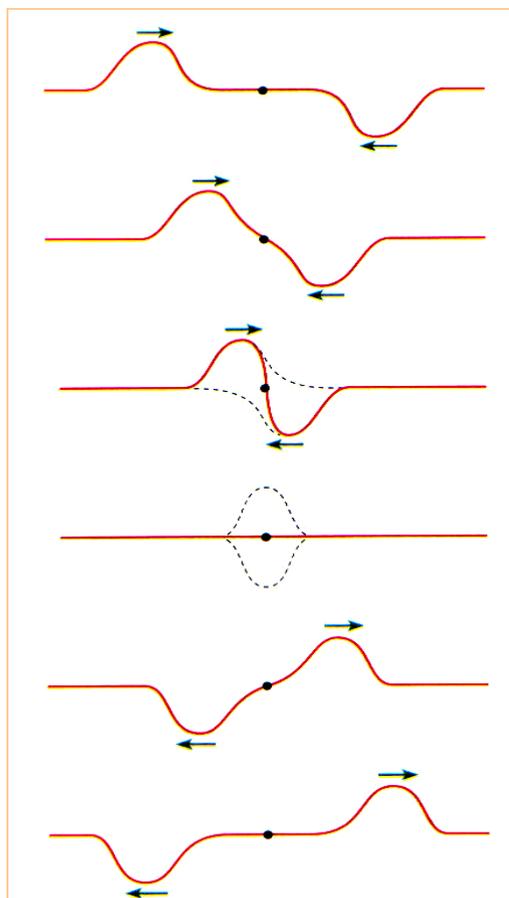
a- Interferência construtiva

$$A = A_1 + A_2$$

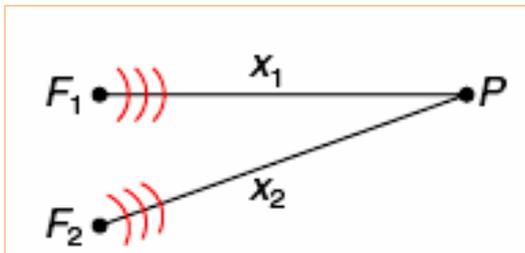


b- Interferência destrutiva

$$A = A_1 - A_2$$



INTERFERÊNCIA EM DUAS DIMENSÕES



$\Delta = x_2 - x_1$ : diferença entre os caminhos percorridos pelas ondas que se superpõem em P.

1º) Ondas em fase:

- interferência construtiva

$$\Delta = p \frac{\lambda}{2} \quad (p : \text{número par})$$

- interferência destrutiva

$$\Delta = i \frac{\lambda}{2} \quad (i : \text{número ímpar})$$

2º) Ondas em oposição de fase:

- interferência construtiva

$$\Delta = i \frac{\lambda}{2} \quad (i : \text{número ímpar})$$

- interferência destrutiva

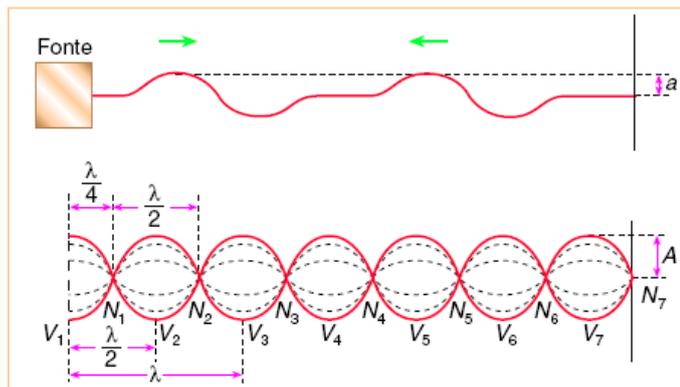
$$\Delta = p \frac{\lambda}{2} \quad (p : \text{número par})$$

2.7- ONDAS ESTACIONÁRIAS

Quando duas ondas periódicas de frequências, comprimentos de ondas e amplitudes iguais e de sentidos contrários se superpõem num dado meio, ocorre a formação de uma figura de interferência denominada ondas estacionárias.

O caso mais simples, em que ocorre esse tipo de interferência, é o de uma corda esticada onde as ondas produzidas numa extremidade se superpõem às ondas refletidas na extremidade oposta.

Verifica-se que, se estabelecer uma onda estacionária na corda, há pontos desta que permanecem sempre em repouso, onde a interferência é, portanto, sempre destrutiva. Tais pontos são denominados **nós** ou **nodos**. Pelo contrário, há pontos que vibram com amplitude máxima e são denominados **ventres**. A distância entre nós consecutivos correspondente à metade do comprimento de onda ( $\frac{\lambda}{2}$ ) das ondas que se superpõem.



**V (ventres):** pontos da corda que oscilam com amplitude máxima ( $A = 2a$ ).

**N (nós ou nodos):** pontos da corda que não vibram.

2.8- RESSONÂNCIA

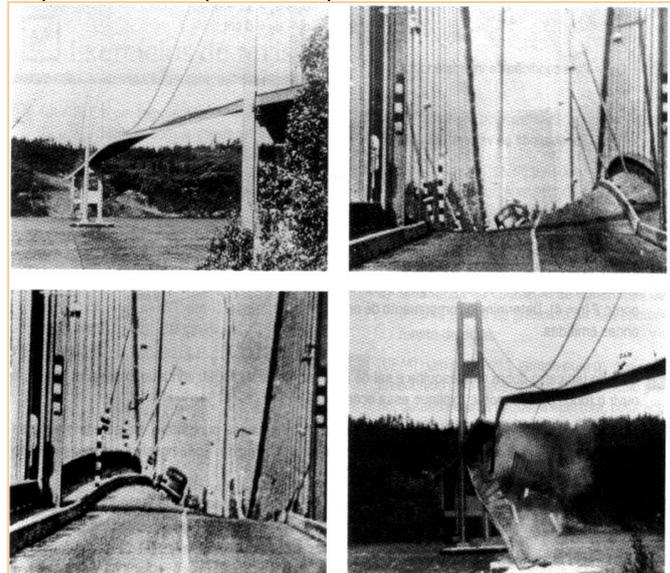
É o fenômeno, em que um corpo ou sistema passa a vibrar (oscilar) após ser atingido por uma onda com frequência natural de oscilação deste corpo ou sistema.

A ressonância ocorre quando há transferência de energia entre dois sistemas que oscilam com a mesma frequência. Na ressonância, há um aumento progressivo da amplitude de oscilação.

Um exemplo bem simples é o balanço infantil. Quando ele é liberado de uma certa altura, oscila com uma frequência que lhe é característica. Se ao fim de uma oscilação completa, dermos um empurrão, estaremos fornecendo energia ao balanço na frequência com que ele oscila normalmente. Ocorre então uma ressonância mecânica, de modo que o balanço vai armazenando a energia fornecida, e a amplitude do seu movimento vai crescendo gradativamente.

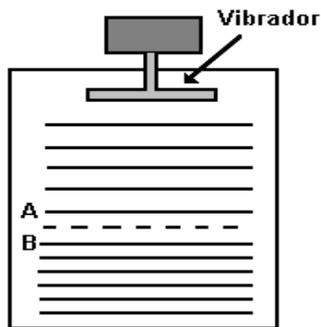


Uma ocorrência dramática, ligada a esse fenômeno, verificou-se no estado de Washington, nos Estados Unidos, em 1940. A ponte sobre o rio Tacoma entrou em ressonância com o vento e começou a vibrar. O aumento contínuo da amplitude acabou por fazer a ponte ruir.



EXERCÍCIOS DE AULA

1. (UFPEL) Em uma cuba de ondas, o professor de Física, utilizando um vibrador de frequência "f", produz ondas planas, como mostra a figura. A estudante Angelita, participando da experiência, percebe que a distância entre duas cristas sucessivas das ondas no meio B é a metade da distância entre duas cristas no meio A.



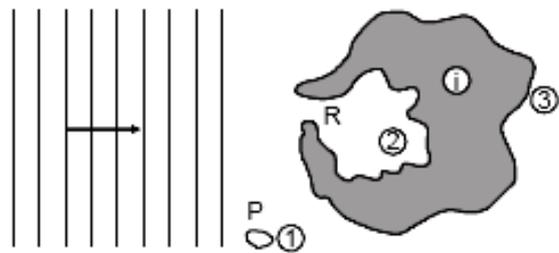
Com base no enunciado, responda:

- A frequência das ondas que se propagam no meio B é maior, menor ou igual à frequência das ondas que se propagam em A? Justifique sua resposta.
- Qual a velocidade das ondas que se propagam no meio B, se vale 340 m/s a velocidade de propagação das ondas no meio A?

2. (UFPEL) Um feixe de luz monocromática vermelha, de frequência igual a  $4,6 \times 10^{14}$  Hz, propaga-se no ar e penetra num bloco de vidro.

- Qual a cor do feixe luminoso que se propaga no interior do bloco? Por quê?
- Quando a luz passa do ar para o vidro, a sua velocidade de propagação aumenta, permanece constante ou diminui? Por quê?
- Quanto ao comprimento de onda da radiação luminosa, podemos afirmar que aumenta, diminui ou não varia, quando a luz penetra no bloco de vidro? Justifique a resposta.

3. (CESGRANRIO) Na figura, ondas planas na superfície do mar se propagam no sentido indicado pela seta e vão atingir uma pedra P e uma pequena ilha i, cujo contorno apresenta uma reentrância R. O comprimento de onda é de 3 m e as dimensões lineares da pedra e da ilha, mostradas em escala na figura, são de aproximadamente 5 m e  $5 \cdot 10^1$  m, respectivamente. Nos pontos 1, 2 e 3 existem bóias de sinalização. Que bóia(s) vai(vão) oscilar devido à passagem das ondas?



- 1 apenas.
- 2 apenas.
- 1 e 2 apenas.
- 1 e 3 apenas.
- 2 e 3 apenas.

4. (VUNESP) Duas fontes  $F_1$  e  $F_2$ , separadas de certa distância e operando em fase, produzem onda na superfície da água com comprimento de onda constante de 2,0 cm. Um ponto P, na superfície da água, dista 9,0 cm de  $F_1$  e 12 cm de  $F_2$ .

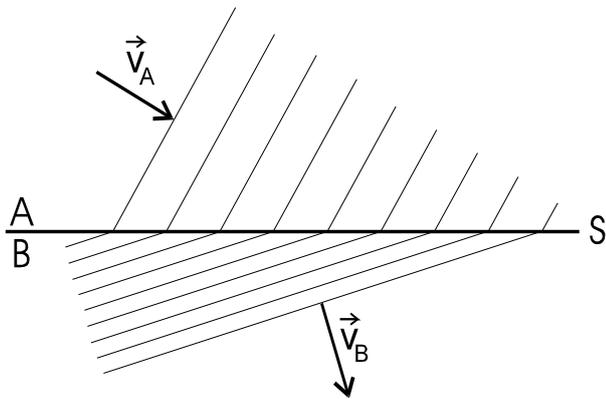
- Quantos comprimentos de onda existem entre P e  $F_1$  e, P e  $F_2$ ?
- No ponto P, a superposição das ondas produzidas por  $F_1$  e  $F_2$ , resulta numa interferência construtiva ou destrutiva? Justifique sua resposta.

5. (ITA) Uma onda transversal é aplicada sobre um fio preso pelas extremidades, usando-se um vibrador cuja frequência é 50 Hz. A distância média entre os pontos que praticamente não se movem é 47 cm. Então, a velocidade das ondas nesse fio é:

- 47 m/s
- 23,5 m/s
- 0,94 m/s
- 1,1 m/s
- outro valor

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1. (ACAFE) Uma onda plana, propagando-se no meio A, atinge a superfície de separação S e passa a se propagar no meio B, como mostra a figura abaixo, através das frentes de onda.



Em relação ao exposto, a alternativa **VERDADEIRA** é:

- a) As velocidades de propagação da onda são iguais nos dois meios.
- b) O comprimento de onda é maior em B do que em A.
- c) A frequência da onda é maior em A do que em B.
- d) A velocidade de propagação da onda é maior em A do que em B.
- e) A frequência da onda é maior em B do que em A.

**2. (UFRS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente:

O fenômeno de uma onda contornar um obstáculo é denominado .....

Um pulso em uma corda inverte-se ao se refletir na extremidade .....

Em uma onda ..... as partículas do meio vibram na direção de propagação da onda.

- a) difração - fixa - transversal
- b) difração - fixa - longitudinal
- c) difração - livre - transversal
- d) refração - livre - longitudinal
- e) refração - fixa - transversal

**3. (UFCE)** Para que ocorra difração, a onda deve encontrar:

- a) um obstáculo de dimensões muito menores que seu comprimento de onda.
- b) uma fenda de dimensões muito maiores que seu comprimento de onda.
- c) uma fenda de dimensões muito menores que seu comprimento de onda.
- d) uma fenda ou obstáculo de dimensões da mesma ordem de grandeza do seu comprimento de onda.

**4. (UFSM)** A \_\_\_\_\_ é o fenômeno pelo qual a luz entorna os obstáculos, desviando-se de sua trajetória retilínea.

A \_\_\_\_\_ ocorre apenas em ondas transversais, como a luz.

A \_\_\_\_\_ é o fenômeno pelo qual a luz é decomposta nas suas componentes monocromáticas.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas:

- a) difração, dispersão, absorção.
- b) dispersão, absorção, polarização.
- c) polarização, dispersão, absorção.
- d) difração, polarização, dispersão.
- e) polarização, absorção, dispersão.

**5. (UFRS)** Duas cordas de violão foram afinadas de modo a emitirem a mesma nota musical. Golpeando-se uma delas, observa-se que a outra também oscila, embora com menor intensidade. Esse fenômeno é conhecido por:

- a) batimentos.
- b) interferência.
- c) polarização.

- d) ressonância
- e) amortecimento.

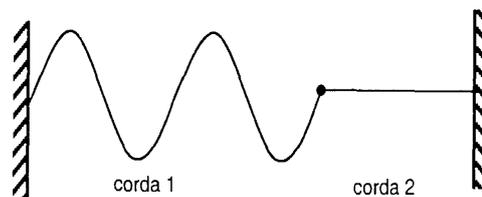
**6. (ACAFE)** A luz é formada por ondas transversais. O fenômeno que comprova esta afirmação denomina-se:

- a) reflexão.
- b) interferência.
- c) polarização.
- d) difração.
- e) refração.

**7. (UFRS)** Quando duas ondas interferem, a onda resultante apresenta sempre, pelo menos, uma mudança em relação às ondas componentes. Tal mudança se verifica em relação:

- a) ao comprimento de onda.
- b) ao período.
- c) à amplitude.
- d) à fase.
- e) à frequência.

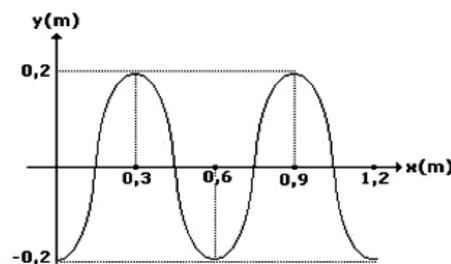
**8. (UFSM)**



Uma onda propaga-se em uma corda tensa de densidade linear de massa  $\mu_1$  que está conectada a outra de densidade linear de massa  $\mu_2$  tal que  $\mu_1 > \mu_2$ . A relação entre o comprimento de onda ( $\lambda$ ), a velocidade de propagação ( $v$ ) e a frequência ( $f$ ) da onda nas duas cordas é

- a)  $\lambda_1 > \lambda_2$ ,  $v_1 > v_2$ ,  $f_1 = f_2$
- b)  $\lambda_1 > \lambda_2$ ,  $v_1 < v_2$ ,  $f_1 = f_2$
- c)  $\lambda_1 > \lambda_2$ ,  $v_1 = v_2$ ,  $f_1 < f_2$
- d)  $\lambda_1 < \lambda_2$ ,  $v_1 < v_2$ ,  $f_1 = f_2$
- e)  $\lambda_1 = \lambda_2$ ,  $v_1 < v_2$ ,  $f_1 = f_2$

**9. (UCS)** Um dispositivo oscila com frequência de 60 Hz e produz, numa corda, uma onda estacionária como a do gráfico abaixo. Com base nessas informações e observando o gráfico, é correto afirmar que a velocidade de propagação da onda na corda vale:



- a) 46 m/s.
- b) 26 m/s.
- c) 36 m/s.
- d) 16 m/s.
- e) 56 m/s.

**10. (UCS)** Um surfista pega uma onda com as seguintes características: 5 m de comprimento de onda e 1 hertz de frequência. Essa onda o carrega por 20 metros. Isso significa que

- a) a onda ergueu o surfista a 2 metros e meio acima do nível do mar.
- b) a onda ergueu o surfista a 5 metros acima do nível do mar.
- c) a onda, nesses 20 metros, aumentou seu comprimento de onda e sua frequência, respectivamente.
- d) a onda, nesses 20 metros, aumentou sua frequência e seu período, respectivamente.
- e) o surfista percorreu os 20 metros em 4 segundos.

**11. (PUC)** A velocidade de uma onda sonora no ar é 340m/s, e seu comprimento de onda é 0,340m. Passando para outro meio, onde a velocidade do som é o dobro (680m/s), os valores da frequência e do comprimento de onda no novo meio serão, respectivamente,

- 400Hz e 0,340m
- 500Hz e 0,340m
- 1000Hz e 0,680m
- 1200Hz e 0,680m
- 1360Hz e 1,360m

**12. (UFSM)** Assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada afirmativa a seguir.

( ) A luz sofre difração ao passar através de um orifício com diâmetro suficientemente pequeno.

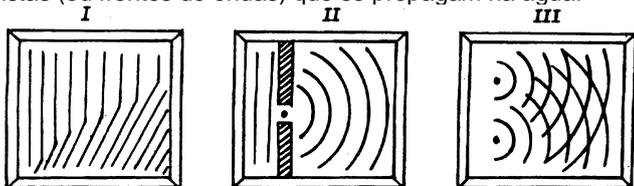
( ) Ondas de rádio, microondas, raios X e raios  $\gamma$  (gama) têm a mesma natureza da luz visível.

( ) A luz é uma onda transversal, por isso pode ser polarizada.

A seqüência correta é :

- V - F - V.
- F - V - F.
- V - F - F.
- F - F - V.
- V - V - V.

**13. (UFRS)** As figuras referem-se a três experimentos realizados em um tanque de ondas. Estão representadas as cristas (ou frentes de ondas) que se propagam na água.



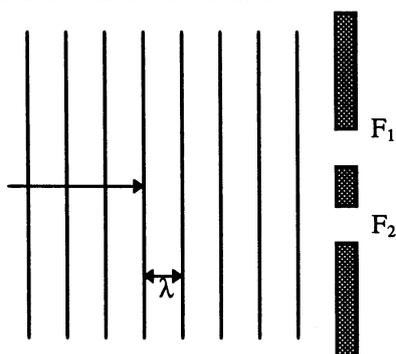
Os fenômenos de interferência, difração e refração são os que ocorrem, respectivamente, em

- I, II e III
- II, I e III
- II, III e I
- III, I e II
- III, II e I

**14. (PUCSP)** As ondas estacionárias numa corda vibrante resultam de fenômenos de

- difração e interferência.
- reflexão e refração.
- difração e reflexão.
- reflexão e interferência.
- dispersão e reflexão.

**15. (UFRS)** Faz-se incidir um trem de ondas planas, de um único comprimento de onda  $\lambda$ , sobre um obstáculo com duas fendas,  $F_1$  e  $F_2$ , conforme representa a figura. O meio à direita e à esquerda das fendas é o mesmo.



Considerando-se essa situação, pode-se afirmar que

- logo após passar pelas fendas, as ondas continuam sendo planas.
- a frequência das ondas se altera ao passar pelas fendas.
- logo após passar pelas fendas, a velocidade de propagação das ondas diminui.
- as ondas que passam por  $F_1$  e  $F_2$  continuam se propagando em linha reta à direita do obstáculo, sem se encontrarem.
- as ondas se difratam em  $F_1$  e  $F_2$ , superpondo-se à direita do obstáculo.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**1. (FATEC)** Assinale a alternativa correta.

- Ondas de rádio são ondas mecânicas.
- Toda onda transversal é eletromagnética.
- Na reflexão de uma onda, seu comprimento e sua velocidade sofrem alteração, mas sua frequência se mantém.
- Quando uma onda passa de um meio mais refringente para outro menos refringente, ocorre mudança no comprimento de onda, mas não na sua frequência.
- Uma onda que se propaga pelo vácuo é uma onda mecânica.

**INSTRUÇÃO:** Responder à questão 2 com base nas afirmações a seguir.

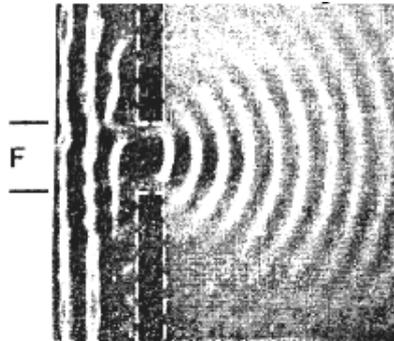
- A luz é uma onda transversal, por isso pode ser polarizada.
- A refração da luz é originada pela alteração de sua velocidade quando passa de um meio homogêneo para outro.
- A luz não se propaga no vácuo.
- Na reflexão de um raio luminoso por um espelho, o quociente entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão é igual a 1.

**2. (PUC)** Pela análise das afirmações, conclui-se que somente estão corretas

- I e II.
- I e III.
- II, III e IV.
- I, II e III.
- I, II e IV.

**3. (UFRGS)** Um trem de ondas planas de comprimento de onda, que se propaga para a direita em uma cuba com água, incide em um obstáculo que apresenta uma fenda de largura  $F$ . Ao passar pela fenda, o trem de ondas muda sua forma, como se vê na fotografia abaixo.

Qual é o fenômeno físico que ocorre com a onda quando ela passa pela fenda?



- Difração.
- Dispersão.
- Interferência.
- Reflexão.
- Refração.

- 4. (UCS)** Os fornos de microondas cozinham os alimentos pela agitação que as ondas eletromagnéticas de comprimento de onda na faixa das microondas exercem sobre moléculas dipolares como as da água. Esses fornos têm pratos giratórios para que o cozimento dos alimentos ocorra da forma mais homogênea possível, devido ao fato de que em algumas regiões do aparelho as microondas
- sofrem dispersão.
  - sofrem um desvio para o vermelho.
  - encontram uma blindagem eletromagnética.
  - sofrem modulação.
  - interferem destrutivamente.

- 5. (UFMG)** O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, **PORQUE**
- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
  - a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
  - a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
  - o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

- 6. (UFRS)** Associe os fenômenos com as situações em que eles podem ocorrer.
- Reflexão da luz numa superfície de vidro lisa.
  - Eco.
  - Passagem da luz do Sol por um orifício pequeno.
  - Passagem da luz do Sol de uma prisma de vidro para o ar.
  - Onda estacionária produzida em um tubo de órgão.

( ) Polarização      ( ) Interferência      ( ) Refração

- A relação numérica de cima para baixo, da coluna acima, que estabelece a seqüência de associações corretas é
- 2 - 5 - 3
  - 3 - 4 - 1
  - 1 - 5 - 4
  - 1 - 2 - 4
  - 3 - 2 - 5

- 7. (VUNESP)** A figura representa um padrão de ondas estacionárias geradas numa corda fixa nas extremidades A e B.

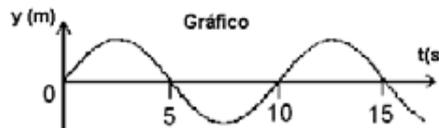
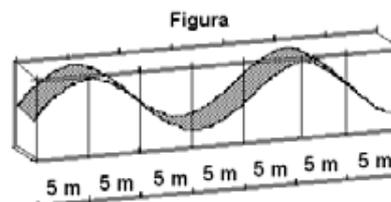


- Sendo a distância  $AB = 1,20$  m, o comprimento de onda dessa corda que dá origem a essas ondas estacionárias, em metros, é de:
- 1,20
  - 1,00
  - 0,80
  - 0,60
  - 0,40

- 8. (PUC)** Em locais baixos como num vale, captam-se mal sinais de TV e de telefone celular, que são sinais de frequências altas, mas captam-se bem sinais de rádio de frequências baixas. Os sinais de rádio de frequências baixas são melhor captados porque \_\_\_\_\_ mais facilmente.
- refletem
  - refratam
  - difratam
  - polarizam
  - reverberam

- 9. (FATEC)** Certa onda de rádio, de frequência  $1,5 \cdot 10^6$  Hz, propaga-se no ar com velocidade  $3,0 \cdot 10^8$  m/s. O seu comprimento de onda, em metros, é
- $2,0 \cdot 10^2$ .
  - $1,5 \cdot 10^2$ .
  - 9,0.10.
  - 5,0.10.
  - 2,0.10.

- 10. (FUVEST)** 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

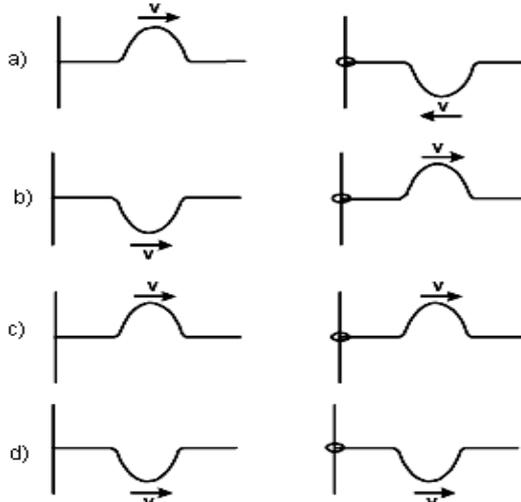


- 2,0 m/s
- 2,5 m/s
- 5,0 m/s
- 10 m/s
- 20 m/s

- 11. (FEI)** As figuras representam dois pulsos que se propagam em duas cordas (I) e (II). Uma das extremidades da corda (I) é fixa e uma das extremidades da corda (II) é livre.

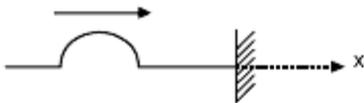


A forma dos pulsos refletidos em ambas as cordas é respectivamente,



- e) Não há reflexão na corda (I).

12. (PUCSP) Numa corda homogênea e leve, de comprimento  $L$ , gera-se um pulso que se propaga no sentido dos valores crescentes de  $x$ . Quando atinge o extremo fixo



- o pulso se refrata, com inversão de fase.
- o pulso se reflete, com inversão de fase.
- o pulso se refrata, com manutenção de fase.
- o pulso se reflete, com manutenção de fase.
- cessa a propagação do pulso.

13. (UEL) "Quando um pulso se propaga de uma corda \_\_\_\_\_ espessa para outra \_\_\_\_\_ espessa, ocorre \_\_\_\_\_ inversão de fase."

Que alternativa preenche corretamente as lacunas da frase acima?

- mais, menos, refração, com
- mais, menos, reflexão, com
- menos, mais, reflexão, sem
- menos, mais, reflexão, com
- menos, mais, refração, com

14. (FUVEST) Uma onda sonora, propagando-se no ar com frequência  $f$ , comprimento de onda  $\lambda$  e velocidade  $v$ , atinge a superfície de uma piscina e continua a se propagar na água. Neste processo, pode-se afirmar que:

- apenas  $f$  varia.
- apenas  $v$  varia.
- apenas  $f$  e  $\lambda$  variam.
- apenas  $\lambda$  e  $v$  variam.
- apenas  $f$  e  $v$  variam.

15. (F.C.CHAGAS) Dois geradores de ondas periódicas situados nos pontos P e Q emitem ondas de mesma amplitude e com mesmo comprimento de onda  $\lambda$ . Se as ondas se anulam num ponto M devido a interferência, a distância MP – MQ em módulo, pode ser igual a:

- $7\lambda/4$
- $3\lambda/2$
- $\lambda$
- $\pi\lambda$
- $\lambda/\pi$

16. (UFU) Os morcegos, para se guiarem, emitem ondas ultrassônicas, com frequências de aproximadamente 100 KHz (100000 Hz).



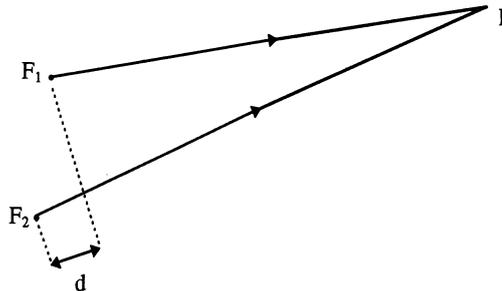
<http://www.geocities.com/~esabio/morcego/morcegos.htm>

A partir desta informação, podemos afirmar que

- as ondas emitidas pelos morcegos irão se difratar ao incidirem em alvos com dimensões da ordem de algumas unidades de milímetros.
- uma pessoa comum consegue notar o som emitido pelos morcegos nessa faixa de frequência.
- a velocidade de propagação das ondas sonoras emitidas pelo morcego será muito maior do que a velocidade do som emitido por uma pessoa gritando.

d) a velocidade de propagação das ondas sonoras emitidas pelo morcego será muito menor do que a velocidade do som emitido por uma pessoa gritando.

17. (UFRS) Duas fontes  $F_1$  e  $F_2$  oscilam sem diferença de fase, produzindo ondas iguais que se superpõem no ponto P, conforme indicado na figura. A diferença de caminho entre as duas ondas é d.



Sabendo-se que o comprimento de onda é  $\lambda$ , para qual os valores de  $d$  apresentados nas alternativas ocorre um máximo de intensidade (interferência construtiva) no ponto P?

- $d = \lambda/4$
- $d = \lambda/2$
- $d = \lambda$
- $d = 1,5 \lambda$
- $d = 2\pi\lambda$

18. (UFPEL) Com base em seus conhecimentos sobre Óptica Física e Geométrica, analise as afirmativas abaixo.

I. Quando a luz passa do ar para o vidro, ocorre uma mudança no seu comprimento de onda, fato que é explicado pelo fenômeno da difração.

II. Reflexão, refração e absorção são fenômenos ondulatórios que não podem ocorrer simultaneamente.

III. A cor de um feixe de luz monocromática não se altera quando esse feixe passa de um meio transparente para outro.

IV. O fenômeno da difração ocorre com todas as ondas, caracterizando-se pelo desvio da direção em que a onda se propaga ao encontrar um obstáculo.

Dessas afirmativas, está(ão) correta(s) apenas:

- I, II e III.
- I, III e IV.
- I e II.
- III e IV.
- II e IV.

19. (UEL) Há algum tempo um repórter de televisão noticiou uma marcha em algum lugar do Brasil. Em dado momento, citou que os seus integrantes pararam de marchar quando estavam passando sobre uma ponte, com medo de que pudesse cair. Na ocasião, o repórter atribuiu tal receio a "crendices populares".

Com base nos conceitos da Física, é correto afirmar que os integrantes da marcha agiram corretamente, pois a ponte poderia cair devido ao fenômeno da(o):

- Reverberação.
- Interferência.
- Ressonância.
- Batimento.
- Efeito Doppler.

20. (ITA) Considere as afirmativas:

I. Os fenômenos de interferência, difração e polarização ocorrem com todos os tipos de onda.

II. Os fenômenos de interferência e difração ocorrem apenas com ondas transversais.

III. As ondas eletromagnéticas apresentam o fenômeno de polarização, pois são ondas longitudinais.

IV. Um polarizador transmite os componentes da luz incidente não polarizada, cujo vetor campo elétrico E é perpendicular à direção de transmissão do polarizador.

Então, está(ão) **correta(s)**

- a) nenhuma das afirmativas.
- b) apenas a afirmativa I.
- c) apenas a afirmativa II.
- d) apenas as afirmativas I e II.
- e) apenas as afirmativas I e IV.

## GABARITO

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) D	2) B	3) D	4) D	5) D
6) C	7) C	8) D	9) C	10) E
11) C	12) E	13) E	14) D	15) E

### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

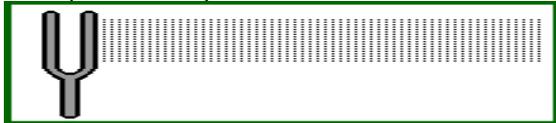
1) D	2) E	3) A	4) E	5) D	6) C	7) C
8) C	9) A	10) A	11) B	12) B	13) D	14) D
15) B	16) A	17) C	18) D	19) C	20) A	

## MÓDULO 3

### III - ONDAS SONORAS

#### 1- CONCEITO

As ondas sonoras são de origem mecânica pois são produzidas por deformações em um meio elástico.



O ouvido normal é excitado por ondas sonoras de frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz.



Quando a frequência é maior que 20.000 Hz, as ondas são ditas **ultra-sônicas**, e menor que 20 Hz, **infra-sônicas**.

Os sons não se transmitem no vácuo, porque exigem um meio material para a sua propagação.

#### 2- VELOCIDADE

As ondas sonoras propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos, com velocidades que dependem das diferentes características dos materiais. De um modo geral, as velocidades maiores são nos sólidos e as menores nos gases.

A temperatura praticamente não influi na velocidade do som nos meios sólidos e líquidos, mas nos meios gasosos tem importância vital. No ar, a velocidade aumenta com a temperatura, numa razão próxima de 55 cm/s para cada grau Celsius de temperatura.

A velocidade do som é característica do meio material que se propaga.

Meio	Velocidade (m/s) à 25 °C
Ar	346
Hidrogênio	1 339

Água	1 498
Álcool	1 207
Alumínio	5 000
Ferro	5 200
Vidro	4540

### 3- QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

#### 3.1- Altura

É a qualidade que permite classificar os sons em graves e agudos.

Grave ou baixo ⇒ **frequência menor**

Agudo ou alto ⇒ **frequência maior**

A voz do homem tem frequência que varia entre 100 Hz e 200 Hz e a da mulher entre 200 Hz e 400 Hz, portanto, a voz do homem costuma ser mais grave ou grossa (baixa), enquanto a da mulher costuma ser aguda ou fina (alta).

#### 3.2- Intensidade

É a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco.

Forte ⇒ grande intensidade sonora (potência) - maior amplitude

Fraco ⇒ pequena intensidade sonora (potência) - menor amplitude

#### 3.3- Timbre

É a qualidade que permite classificar os sons de **mesma altura** e de **mesma intensidade**, emitidos por fontes diferentes. Por exemplo, por um piano e por um violino.

### 4- ECO E REVERBERAÇÃO

O eco e a reverberação são causados pela reflexão das ondas sonoras ao incidirem normalmente sobre um ou mais anteparos.

O eco é caracterizado pela nítida distinção entre o som refletido com o som emitido diretamente. No caso das ondas sonoras no ar, o observador deverá estar no mínimo a 17 m do anteparo.

A reverberação é causada pela reflexão múltipla do som nas paredes de uma grande sala, dando ao observador a impressão que o som continua presente na sala mesmo que a fonte já tenha cessado a sua emissão.

### 5- EFEITO DOPPLER

A frequência que qualquer fenômeno manifesta a um observador depende dos estados de movimento da fonte e do observador. O efeito Doppler se manifesta tanto com ondas sonoras como com a luz.

Denominando **f'** a frequência recebida pelo observador e **f** a frequência emitida pela fonte, temos:

**Aproximação** ⇒ **f' > f**     **Afastamento** ⇒ **f' < f**

$$f' = f \left( \frac{v \pm v_0}{v \pm v_F} \right)$$

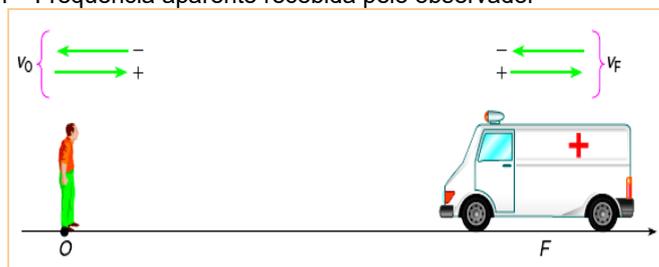
v = Velocidade da onda

v<sub>F</sub> = Velocidade fonte

v<sub>0</sub> = Velocidade do observador

f = Frequência real emitida pela fonte

f' = Frequência aparente recebida pelo observador



- $v_0 \rightarrow (+)$  Observador se aproxima da fonte
- $v_0 \leftarrow (-)$  Observador se afasta da fonte
- $v_F \rightarrow (+)$  Fonte se afasta do observador
- $v_F \leftarrow (-)$  Fonte se aproxima do observador
- $v_0 = 0$  - Observador esta parado
- $v_F = 0$  - fonte está parada

**6.1- EFEITO DOPPLER PARA A LUZ**

Fonte se afasta	$f' < f$	Desvio para vermelho
Fonte se aproxima	$f' > f$	Desvio para o violeta

**EXERCÍCIOS DE AULA**

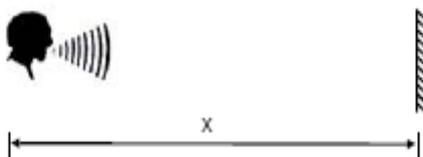
**1. (PUCSP)** O ouvido humano é capaz de perceber ondas sonoras de frequência entre 20 e 20.000 Hz, aproximadamente. Entretanto, sabe-se que alguns animais são capazes de perceber ondas longitudinais de frequência maior, os ultra-sons.

Um cachorro pode perceber ultra-sons de até 50.000 Hz. Se um apito produzir, no ar, ondas longitudinais de comprimento 10 mm, por quem elas serão ouvidas? Justifique.

**2)(FURG)** Se duas ondas sonoras, uma de frequência  $f_1=15.000\text{Hz}$  e outra de frequência  $f_2 = 150\text{Hz}$ , propagam-se no ar, então a relação entre seus comprimentos de onda  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ , é

- a)  $\lambda_1 = \lambda_2$ .
- b)  $\lambda_1 = 150\lambda_2$
- c)  $\lambda_1 = \lambda_2/150$
- d)  $\lambda_1 = 100\lambda_2$ .
- e)  $\lambda_1 = \lambda_2/100$

**3. (UNICAMP)** O menor intervalo de tempo entre dois sons percebido pelo ouvido humano é de 0,10 s. Considere uma pessoa defronte a uma parede em um local onde a velocidade do som é de 340 m/s.



- a) Determine a distância  $x$  para a qual o eco é ouvido 3,0 s após a emissão da voz.
- b) Determine a menor distância para que a pessoa possa distinguir a sua voz e o eco.

**4. (UFRS)** Quais as características das ondas sonoras que determinam, respectivamente, as sensações de altura e intensidade do som?

- a) Frequência e amplitude.
- b) Frequência e comprimento de onda.
- c) Comprimento de onda.
- d) Amplitude e comprimento de onda.
- e) Amplitude e frequência.

**5.** Em relação às ondas sonoras, a afirmação correta é:

- a) Quanto mais grave é o som, maior será sua frequência.
- b) Quanto maior amplitude de um som, mais agudo ele será.
- c) O timbre de um som está relacionado com sua propagação.

d) Podemos distinguir dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitidos por duas pessoas diferentes, porque eles possuem timbres diferentes.

e) A intensidade de um som é caracterizada pela sua frequência.

**6. (UFSM)** O efeito Doppler-Fizeau ocorre se existir \_\_\_\_\_ entre uma fonte de ondas periódicas e o observador. Este perceberá a \_\_\_\_\_ como maior, se a fonte se \_\_\_\_\_ dele.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) movimento, frequência, aproximar.
- b) interferência, frequência, aproximar.
- c) movimento, amplitude, afastar.
- d) movimento, frequência, afastar.
- e) interferência, intensidade, aproximar.

**EXERCÍCIOS PROPOSTOS**

**1. (MACK)** Uma onda sonora de comprimento de onda 68 cm se propaga no ar com velocidade de 340 m/s. Se esse som se propagar na água, ele terá a frequência de

- a) 600 Hz
- b) 500 Hz
- c) 400 Hz
- d) 300 Hz
- e) 200 Hz

**2. (UFRS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas afirmações seguintes, respectivamente.

- I. No ar, as ondas sonoras de maior ..... têm menor .....
- II. As ondas sonoras são .....

- a) velocidade - comprimento de onda - longitudinais
- b) frequência - velocidade - transversais
- c) frequência - comprimento de onda - longitudinais
- d) comprimento de onda - velocidade - transversais
- e) velocidade - frequência - longitudinais

**3. (UFRGS)** Dois sons no ar com a mesma altura diferem em intensidade. O mais intenso tem, em relação ao outro,

- a) apenas maior frequência.
- b) apenas maior amplitude.
- c) apenas maior velocidade de propagação.
- d) maior amplitude e maior velocidade de propagação
- e) maior amplitude, maior frequência e maior velocidade de propagação.

**4. (UCPEL)** Das afirmativas:

I – Num determinado meio, as ondas sonoras se propagam com a mesma velocidade independente da frequência.

II – A intensidade do som é a qualidade que está relacionada com a frequência do som.

III – Para controlar o nível de ruído é necessário limitar a altura do som.

Está(ão) correta(s):

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

**5. (UFRS)** Analise cada uma das seguintes afirmações relacionadas com ondas sonoras e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).

( ) Analisando os sons produzidos num piano, verifica-se que a nota lá (440 Hz) é mais grave do que a nota dó (256 Hz).

( ) A onda sonora não se propaga da Terra para a Lua.

( ) Uma onda sonora audível pode ser difratada.

Quais são, respectivamente, as indicações corretas?

- a) F – V – V
- b) F – F – V
- c) F – V – F
- d) V – F – F
- e) V – V – F

**6. (UCS)** O ouvido humano distingue no som as seguintes qualidades: *altura*, *intensidade* e *timbre*. Abaixo, são apresentados três exemplos relacionados a essas qualidades.

1 – O barulho do tráfego na cidade é de aproximadamente 90dB, e o barulho de um avião a jato aterrissando é de 140 dB.

2 – O homem costuma emitir sons entre 100 e 200 Hz, e a mulher, sons entre 200 e 400 Hz. Dizemos, então, que a voz do homem é mais grave que a da mulher.

3 – Uma mesma nota musical produz sensações diferentes quando emitida por um violino e por um piano.

Observando a ordem dos exemplos, assinale a alternativa que apresenta as qualidades correspondentes a cada um deles.

- a) 1 – timbre; 2 – altura; 3 – intensidade
- b) 1 – altura; 2 – intensidade; 3 – timbre
- c) 1 – intensidade; 2 – timbre; 3 – altura
- d) 1 – timbre; 2 – intensidade; 3 – altura
- e) 1 – intensidade; 2 – altura; 3 – timbre

**7. (FURG)** O sonar é um aparelho capaz de emitir ondas sonoras na água e captar seus ecos (ondas refletidas), permitindo, com isso, a localização de objetos sob a água. Sabendo-se que o sonar de um submarino recebe as ondas refletivas pelo casco de um navio 6 segundos após a emissão das mesmas e que a velocidade de propagação do som na água do mar é 1 520 m/s, determine a distância entre o submarino e o navio. As velocidades do navio e do submarino são desprezíveis se comparadas à velocidade do som.

- a) 1520 m.
- b) 3040 m.
- c) 4560 m.
- d) 6080 m.
- e) 9120 m.

**8. (UFMS)** A velocidade de propagação de uma onda sonora aumenta ao passar do ar para a água, portanto o comprimento de onda \_\_\_\_\_ e a frequência \_\_\_\_\_.

Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) aumenta – não se altera.
- b) não se altera – aumenta.
- c) aumenta – diminui.
- d) diminui – aumenta.
- e) diminui – não se altera.

**9. (MACKENZIE)** Um geofísico, para determinar a profundidade de um poço de petróleo, utilizou uma fonte sonora na abertura desse poço, emitindo pulsos de onda de frequência 440 Hz e comprimento de onda de 75 cm. Recebendo o eco desses pulsos após 6 s de sua emissão, o geofísico determinou que a profundidade do poço é de:

- a) 495 m
- b) 990 m
- c) 1 485 m
- d) 1 980 m
- e) 3 960 m

**10. (PUC)** A **onda sonora**, por ser \_\_\_\_\_, não pode ser \_\_\_\_\_.

- a) transversal                      polarizada
- b) longitudinal                  polarizada
- c) transversal                      refratada

- d) longitudinal                    refletida
- e) longitudinal                    refratada

**11. (FUVEST)** O ouvido humano é capaz de ouvir sons entre 20 Hz e 20.000 Hz aproximadamente. A velocidade do som no ar é aproximadamente 340 m/s. O som mais grave que o ouvido humano é capaz de ouvir tem comprimento de onda:

- a) 1,7 cm
- b) 58,8 mm
- c) 17 m
- d) 6800 m
- e) 6800 km

**12. (UFRS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas frases seguintes, respectivamente.

I – Aumentando a amplitude de uma onda sonora, aumenta a sua .....

II – O som da nota musical de 264 Hz (dó) é mais ..... do que o som da nota musical de 396 Hz (sol).

III – No ar, o som percorre aproximadamente um quilômetro em cada..... segundos.

- a) intensidade - grave - três
- b) frequência - grave - cinco
- c) intensidade - grave - cinco
- d) frequência - agudo - cinco
- e) frequência - agudo - três

**13. (UFRS)** Selecione a alternativa que apresenta as palavras que preenchem corretamente as três lacunas nas seguintes afirmações, respectivamente:

I. As ondas luminosas ..... ser polarizadas.

II. Na água, as ondas ..... propagam-se mais rapidamente que no ar.

III. O fenômeno de interferência ..... ocorrer com ondas sonoras.

- a) não podem - luminosas - não pode
- b) podem - sonoras - pode
- c) podem -- luminosas - pode
- d) não podem - sonoras - pode
- e) podem -- luminosas - não pode

**14. (UFMS)** Um ouvinte, ao aproximar-se de uma fonte sonora em repouso, perceberá \_\_\_\_\_ da onda sonora \_\_\_\_\_.

- a) a frequência, inalterada
- b) a frequência, aumentada
- c) a frequência, diminuída
- d) o comprimento de onda, aumentado
- e) o comprimento de onda, inalterado

**15. (UFRS)** Considere as seguintes afirmações:

I – O apito do trem, para um observador em repouso, é mais agudo quando o trem está se aproximando do que quando o trem está se afastando do observador.

II – Quando uma fonte de ondas sonoras se aproxima de um observador fixo ocorre um encurtamento do comprimento de onda entre o observador e a fonte.

III – Quando um observador se aproxima de uma fonte sonora fixa, a frequência do som ouvido é maior do que quando o observador está em repouso.

Quais estão corretas?

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

**16. (FURG)** Quanto às características das ondas eletromagnéticas e ondas sonoras, podemos afirmar que:

- A) ambas apresentam a característica de dualidade onda-partícula.  
 B) viajam no vácuo com a velocidade da luz.  
 C) viajam em qualquer meio, inclusive no vácuo, sofrendo reflexão, refração e dispersão.  
 D) propagam-se como ondas transversais e longitudinais, respectivamente.  
 E) ambas resultam de interferência destrutiva da combinação de outros tipos de ondas.

**17. (FURG)** O efeito Doppler é caracterizado por:

- A) um deslocamento na frequência detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.  
 B) um deslocamento na frequência detectada, apenas quando a fonte vibratória se aproxima do receptor.  
 C) um deslocamento na frequência detectada, apenas quando a fonte vibratória se afasta do receptor.  
 D) um deslocamento na velocidade detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.  
 E) uma frequência constante detectada, devido ao movimento da fonte vibratória que se aproxima ou se afasta do receptor.

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**1. (FURG)** O sonar de um navio emite ultra-som de uma frequência 50.000 Hz. A velocidade do som na água é 1.500 m/s. Se o ultra-som foi refletido por um cardume de peixes e a onda refletida é detectada no navio 0,2 s após sua emissão, então o comprimento de onda do ultra-som e a distância entre o navio e o cardume são, respectivamente,

- a) 300 cm – 300 m  
 b) 30 cm – 300 m  
 c) 3 cm – 150 m  
 d) 1,5 cm – 68 m  
 e) 0,03 cm – 34 m

**2. (USC)**

I - A altura do som é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons graves de sons agudos. A altura depende da frequência do som.

II - A intensidade do som é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons fracos dos sons fortes.

III - O timbre é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos por fontes diferentes.

Considere as afirmações I, II e III acima e responda se

- a) apenas a I está errada.  
 b) apenas a II está errada.  
 c) apenas a III está errada.  
 d) todas estão corretas.  
 e) todas estão erradas.

**3. (UEL)** Considere as afirmações abaixo.

I - O eco é um fenômeno causado pela reflexão do som num anteparo.

II - O som grave é um som de baixa frequência.

III - Timbre é a qualidade que permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes.

São corretas as afirmações

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

**4. (FATEC)** Uma onda sonora propaga-se por um vale. A parte mais alta do vale tem temperatura mais alta que a inferior. Nas

diferentes regiões do vale, devido a esse fator, a onda sofre mudança de:

- a) timbre.  
 b) período.  
 c) comprimento.  
 d) frequência.  
 e) altura.

**5. (UNEB)** A comunicação entre os seres humanos ocorre, sobretudo, através da fala, e os sons são vibrações elásticas, que se propagam no ar, com velocidade em torno de 340 m/s. Se as ondas sonoras emitidas por um homem e uma mulher que falam se propagam no ar, com frequências respectivamente iguais a 100 Hz e 250 Hz, então o homem:

- a) e a mulher emitem ondas mecânicas transversais.  
 b) e a mulher emitem ondas sonoras de mesmo período.  
 c) e a mulher emitem ondas sonoras de mesmo comprimento de onda.  
 d) emite som mais grave que o emitido pela mulher.  
 e) emite som mais agudo que o emitido pela mulher.

**6. (UCSAL)** Considere a velocidade do som no ar 340 m/s e os valores limites de frequências audíveis pelo homem 20 Hz e 2.000 Hz. O comprimento de onda dos sons audíveis pelo homem pode variar entre:

- a) 0,017 m e 34 m  
 b) 0,17 m e 17 m  
 c) 1,7 m e 3,4 m  
 d) 8,5 m e 170 m  
 e) 17 m e 340 m

**7. (UEPA)** Durante uma entrevista na infatigável rede internacional de notícias CMM o repórter entrevista um famoso astrônomo sobre a espetacular explosão de uma estrela supernova. Surpreendido pela descrição da magnitude da explosão, o repórter comenta: "O estrondo deve ter sido enorme!". Conhecendo-se o mecanismo de propagação de ondas sonoras, pode-se argumentar que o som:

- a) é detectado na Terra por ser uma onda elástica  
 b) não é detectado na Terra por ser uma onda mecânica  
 c) é detectado na Terra por radiotelescópios, por ser uma onda eletromagnética de baixa frequência.  
 d) é detectado porque a onda eletromagnética transforma-se em mecânica ao atingir a Terra  
 e) não é detectado na Terra por ser uma onda eletromagnética

**8. (UEL)** Um menino, enquanto observa um operário martelando sobre um trilho de aço, encosta seu ouvido no trilho e ouve o som de cada batida duas vezes. Uma conclusão correta para esta observação seria que:

- a) seus ouvidos estão a distâncias diferentes da fonte.  
 b) parte da onda sofre reflexões múltiplas entre os trilhos de aço.  
 c) ondas longitudinais transversais têm velocidades diferentes no aço.  
 d) a velocidade do som é maior no aço que no ar.  
 e) ocorre interferência construtiva e destrutiva.

**9. (UFU)** Para evitar a poluição sonora, devemos limitar nos sons

- a) a intensidade.  
 b) a altura.  
 c) o timbre.  
 d) os batimentos.  
 e) o comprimento das ondas.

**10. (FATEC)** Ondas sonoras são compressões e rarefações do meio material através do qual se propagam. Podemos dizer que:

- a) o som pode propagar-se através do vácuo.  
 b) o som não pode propagar-se através de um sólido.  
 c) o som somente se propaga através do ar.

d) as ondas sonoras transmitem-se mais rapidamente através de líquidos e sólidos do que através do ar.

e) para as ondas sonoras não se verificam os fenômenos de interferência nem de difração.

**11. (VUNESP)** Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som no desenvolvimento de mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto que sons mais graves, aparentemente, não interferem no processo.

[Ciência e Cultura 42 (7) supl.: 180-1, julho 1990].

Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente na variável física

- a) velocidade.
- b) umidade.
- c) temperatura.
- d) frequência.
- e) intensidade.

**12. (UFRGS)** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo

O alarme de um automóvel está emitindo som de uma determinada frequência. Para um observador que se aproxima rapidamente deste automóvel, esse som parece ser de ..... frequência. Ao afastar-se, o mesmo observador perceberá um som de ..... frequência.

- a) maior – igual
- b) maior – menor
- c) igual – igual
- d) menor – maior
- e) igual – menor

**13. (ACAFE)** Considere duas ambulâncias, **X** e **Y**, cujas sirenes emitem sons de mesma frequência. Um observador, parado na calçada da rua onde trafegam essas ambulâncias, ouve a sirene da ambulância **X** mais aguda que a sirene da ambulância **Y**.

A alternativa que contém a situação **IMPOSSÍVEL** para essa observação é:

- a) X afasta-se do observador e Y está parada.
- b) X e Y aproximam-se do observador.
- c) X e Y afastam-se do observador.
- d) Y afasta-se do observador e X está parada.
- e) Y afasta-se do observador e X aproxima-se do observador.

**14. (UFRGS)** Considere as seguintes afirmações a respeito das transversais e longitudinais.

I – Ondas transversais podem ser polarizadas e ondas longitudinais não

II – Ondas transversais podem sofrer interferência e ondas longitudinais não

III – Ondas transversais podem apresentar efeito Doppler e ondas longitudinais não.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III

**15. (UFSM)** Uma onda sonora propaga-se no ar, com velocidade  $v$  e frequência  $f$ . Se a frequência da onda for duplicada,

- a) o comprimento de onda duplica.
- b) o comprimento de onda NÃO se altera.
- c) o comprimento de onda se reduz à metade.
- d) a velocidade de propagação da onda dobra.
- e) a velocidade de propagação da onda se reduz à metade.

**16. (UFSM)** Quando uma onda sonora de desloca de um meio material para outro meio diferente,

a) a frequência permanece inalterada, mas a velocidade de propagação e o comprimento de onda mudam.

b) a frequência, a velocidade de propagação e o comprimento de onda mudam.

c) a frequência muda, mas a velocidade de propagação e o comprimento de onda permanecem inalterados.

d) o comprimento de onda permanece inalterado, mas a frequência e a velocidade de propagação mudam.

e) a velocidade de propagação muda, mas o comprimento de onda e a frequência permanecem inalterados.

**17. (UCPel)** Das afirmativas:

I- Num determinado meio, as ondas sonoras se propagam com a mesma velocidade independente da frequência.

II - A intensidade do som é a qualidade que está relacionada com a frequência do som.

III - Para controlar o nível de ruído é necessário limitar a altura do som.

Está(Estão) correta(s):

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

**18. (FFCMPA)** A diagnose por ultra-som faz uso do efeito DOPPLER no exame de partes internas do corpo humano em movimento. O exame detecta a diferença entre a frequência emitida pela fonte e a frequência percebida pelo observador. Quando a fonte se aproxima do observador, a frequência percebida pelo observador \_\_\_\_\_, e quando o observador se afasta da fonte a frequência percebida pelo observador \_\_\_\_\_.

As palavras que completam corretamente as lacunas do texto acima são:

- A) aumenta – diminui
- B) aumenta – permanece igual
- C) permanece igual – aumenta
- D) diminui – aumenta
- E) diminui – diminui

## GABARITO

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) B	2) C	3) B	4) A	5) A
6) E	7) C	8) A	9) B	10) B
11) C	12) A	13) B	14) B	15) E
16) D	17) A			

### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

1) C	2) D	3) E	4) C	5) D	6) B	7) B
8) D	9) A	10) D	11) D	12) B	13) A	14) A
15) C	16) A	17) A	18) A			