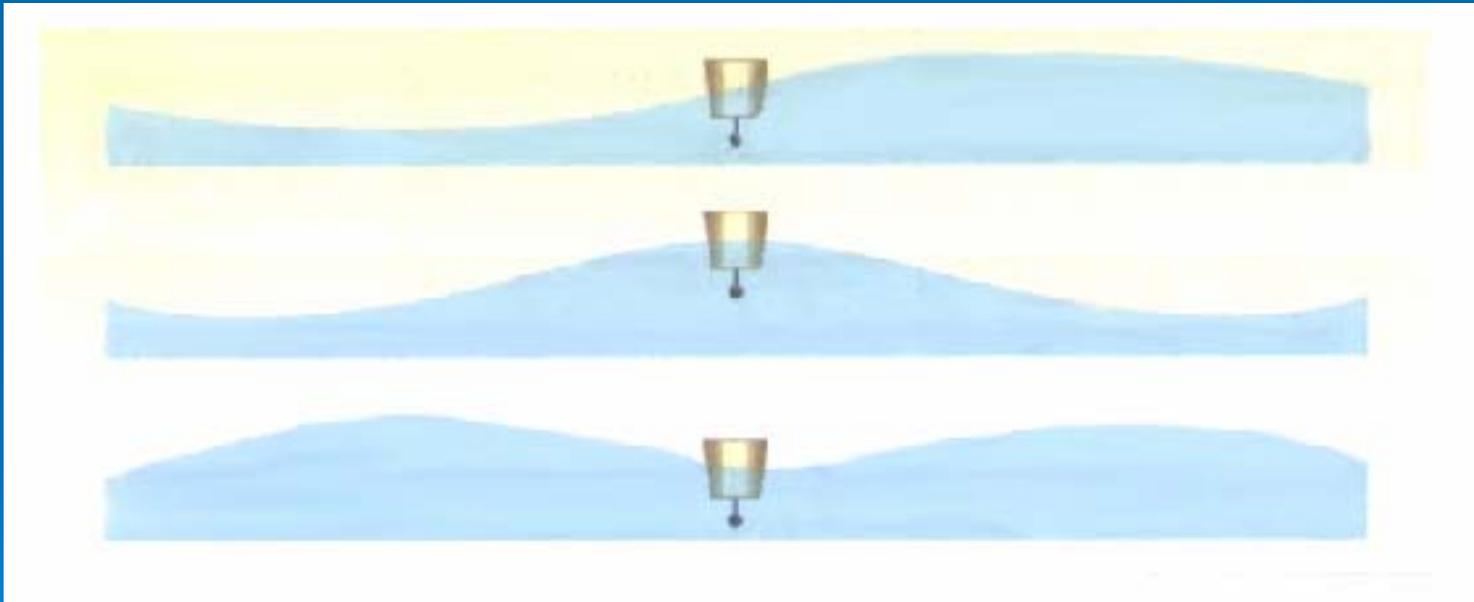


ONDAS

Prof. João Vicente
3º ano-Colégio Integral

Noção Geral

Onda: É qualquer perturbação que se propaga, transportando energia sem transporte de matéria.



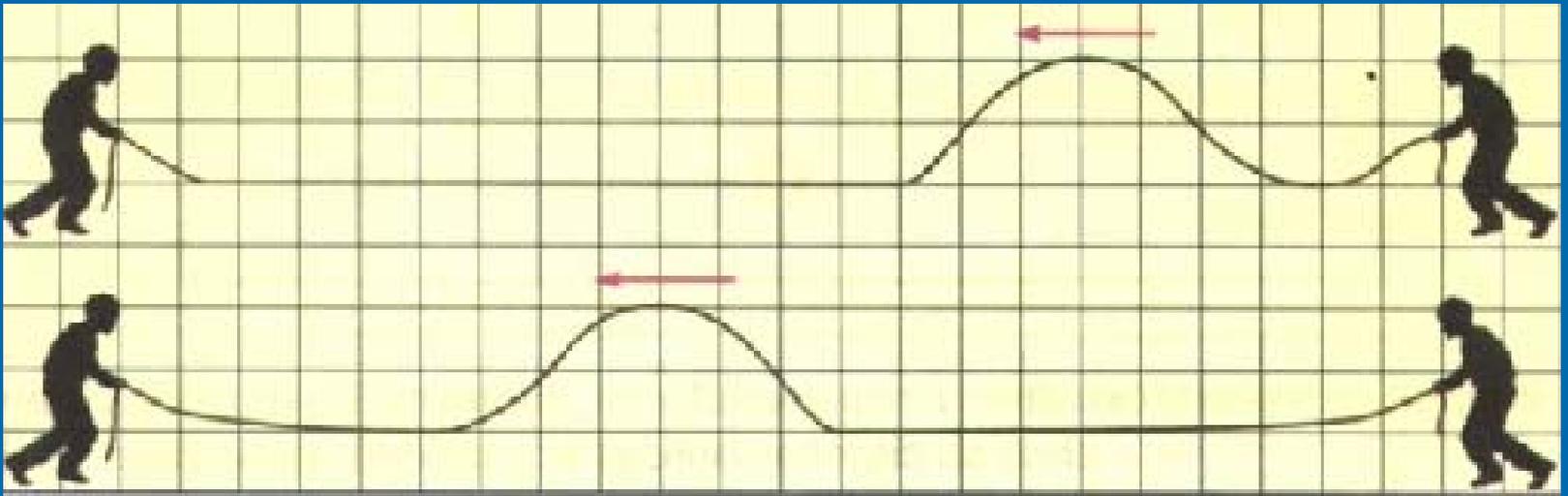
Natureza da Vibração

1. **Ondas Mecânicas** :impulsos mecânicos que se transmitem através de vibrações das partículas que constituem o meio.

Ex:Onda Sonora, ondas em cordas e molas, ondas em superfícies líquidas etc.

Onda Mecânica

Ex.:

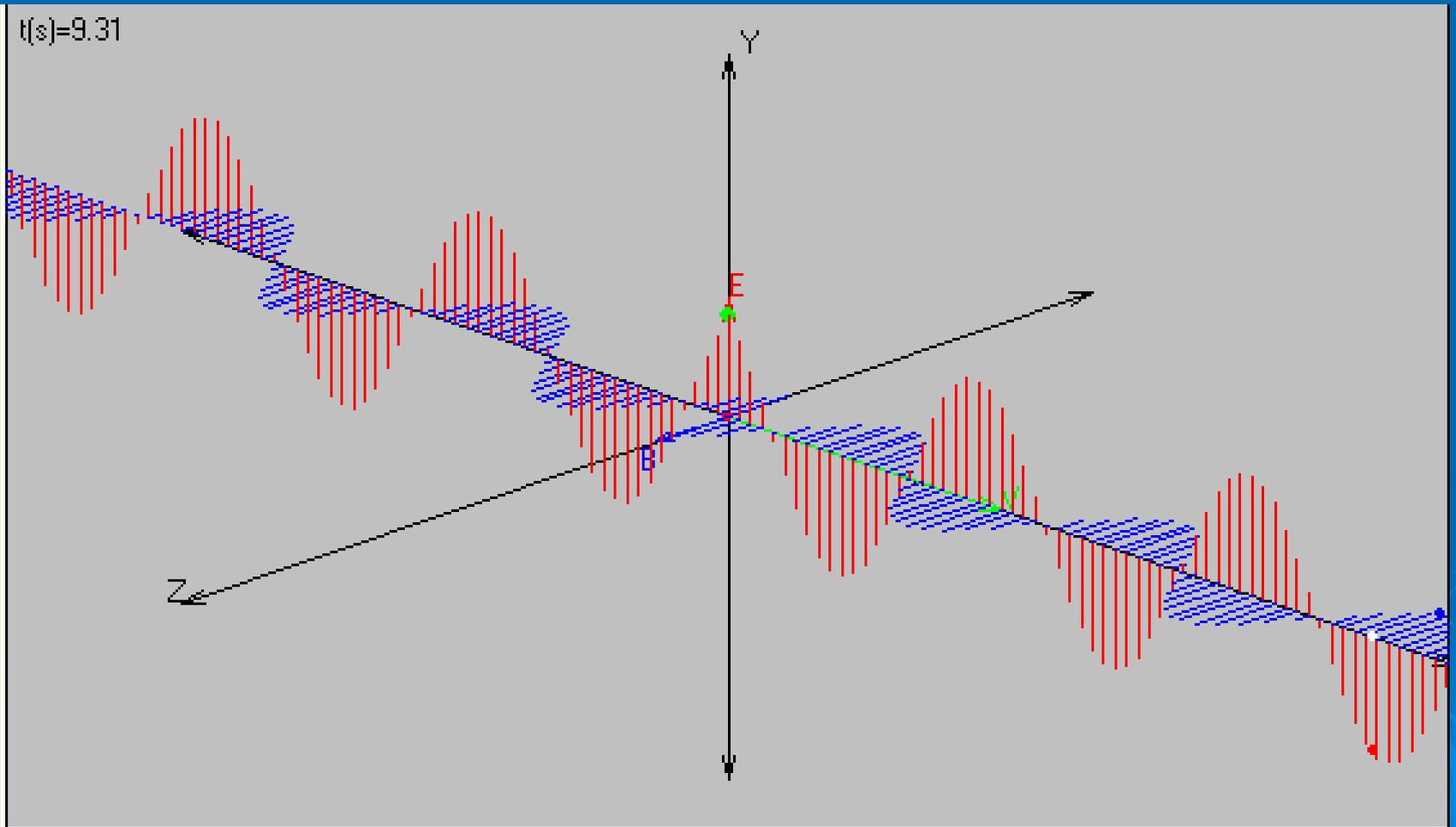


Natureza da Vibração

2. Ondas Eletromagnéticas: são constituídas por dois campos perpendiculares entre si, um elétrico(E) e um magnético(B), variáveis com o tempo.

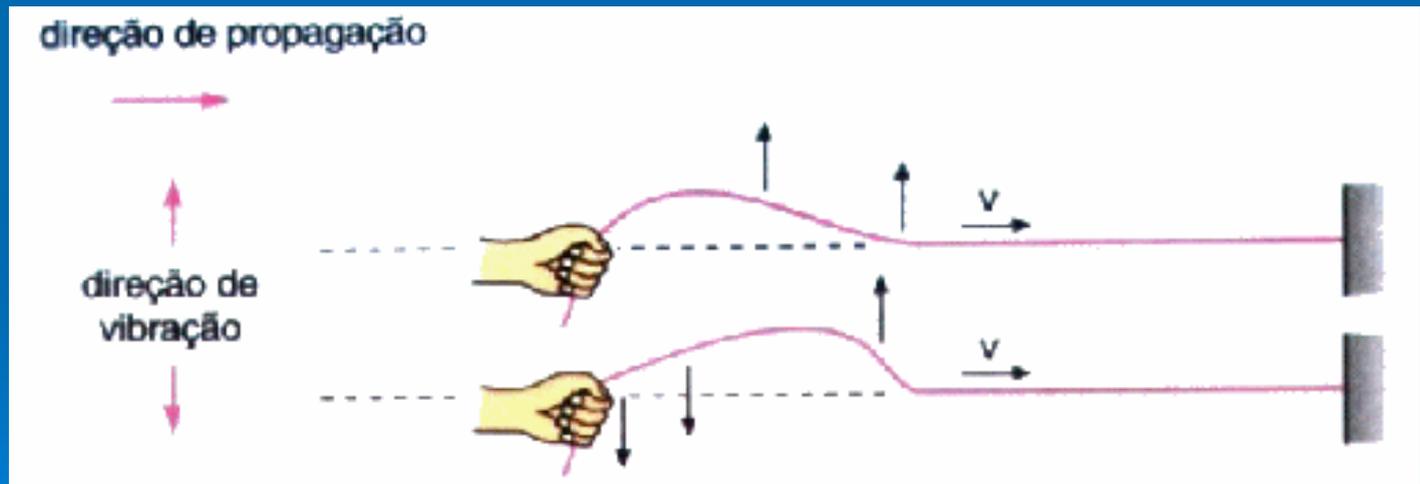
Ex: Ondas de rádio e TV, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X.

Onda Eletromagnética



Direção da Vibração

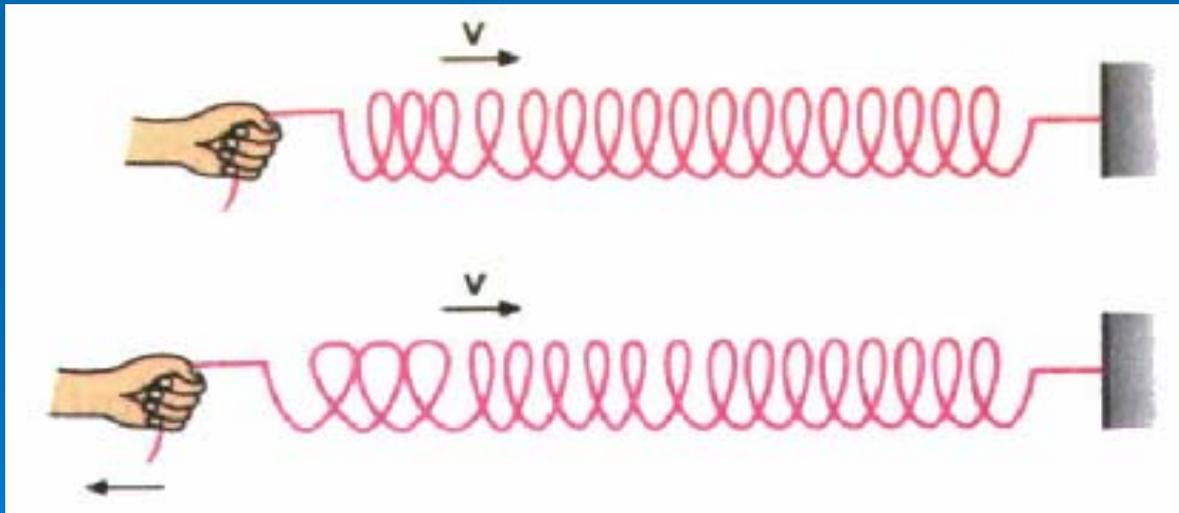
1. **Ondas transversais:** são as ondas em que a direção de vibração das partículas é perpendicular à direção de propagação da onda.



Ex: Todas as ondas eletromagnéticas, ondas numa corda.

Direção da Vibração

2. **Longitudinal:** são as ondas nas quais a direção de vibração das partículas coincide com a direção de propagação da onda.

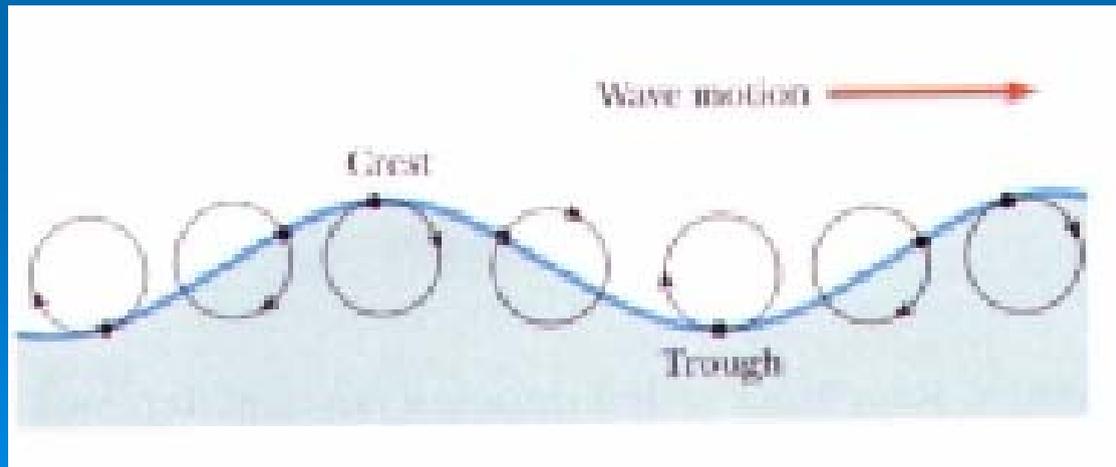


Ex: Som nos Fluidos

Direção da Vibração

3. **Mistas:** são ondas em que as partículas vibram longitudinal e transversalmente, ao mesmo tempo.

Ex: Som nos sólidos, ondas nas superfícies dos líquidos.



Direção de Propagação

➤ Ondas unidimensionais

Quando se propagam numa só direção.

Ex: uma perturbação numa corda.

➤ Ondas bidimensionais

Quando se propagam ao longo de um plano.

Ex: ondas na superfície da água.

➤ Ondas tridimensionais

Quando se propagam em todas as direções.

Ex: ondas sonoras.

Fique Esperto!

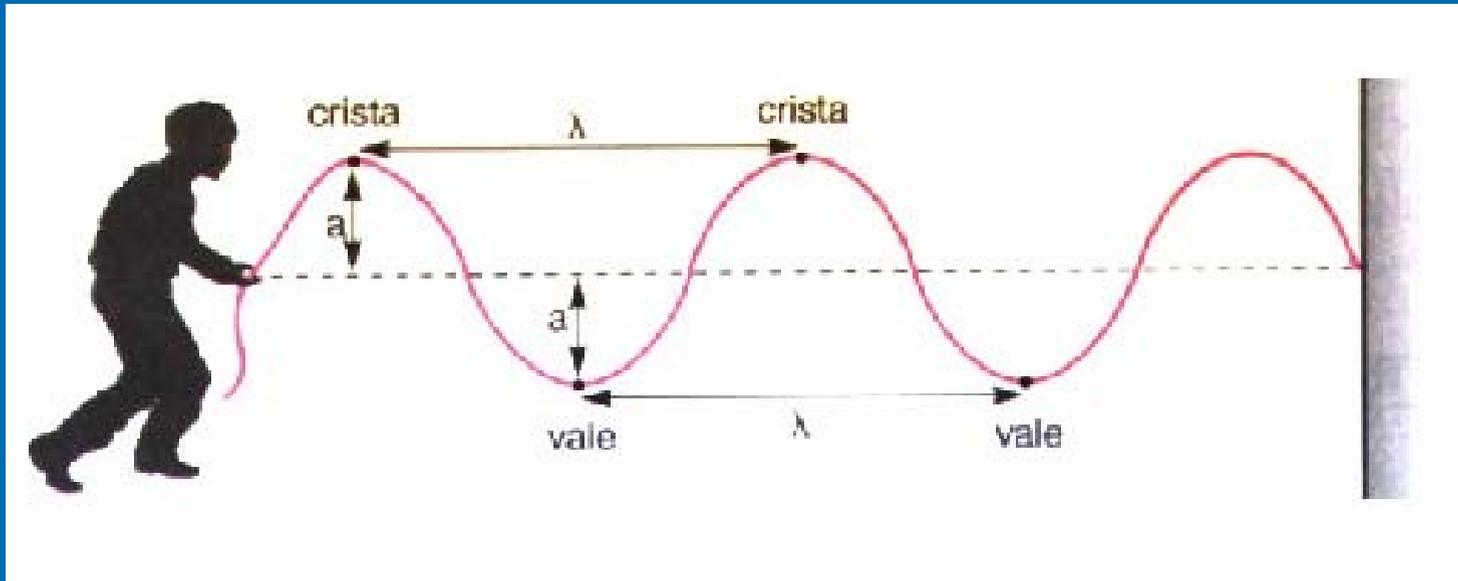
- Todas as ondas eletromagnéticas são transversais.
- As ondas mecânicas podem ser longitudinais, transversais ou mistas.
- A luz é uma onda transversal.
- O som nos fluidos é uma onda longitudinal.
- O som **NÃO** se propaga no vácuo.

Teste seus Conhecimentos

➤ Dizer, em cada caso, se é uma onda mecânica, eletromagnética ou não se trata de onda:

- A) Raios β (N)
- B) Raios Catódicos (N)
- C) Raios X (E)
- D) Microondas (E)
- E) Ondas de calor (E)
- F) Ondas de TV (E)
- G) Raios Laser (E)
- H) Raios γ (E)
- I) Ondas Luminosas (E)
- J) Ondas Sonoras (M)
- L) Ondas de SONAR (M)
- M) Ondas Emitidas por um Morcego (M)

Elementos de uma onda periódica

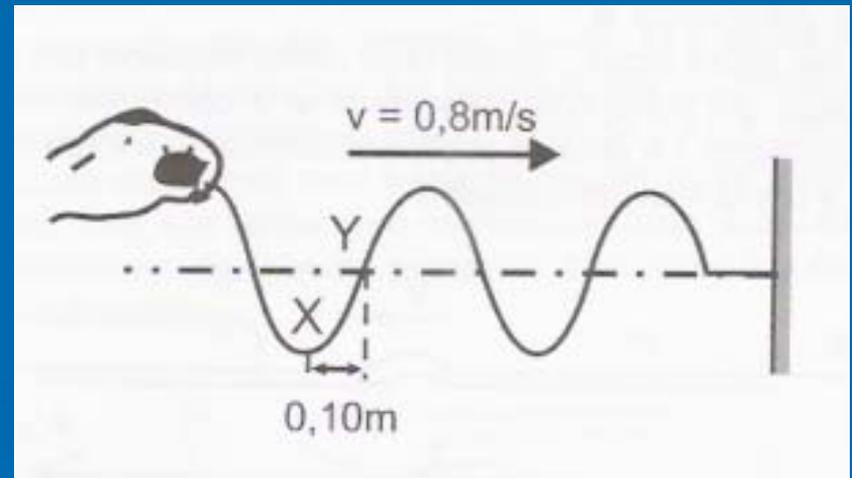


$$V = \lambda \cdot f$$

- V = velocidade de propagação das ondas periódicas;
- λ = comprimento de onda;
- f = frequência da onda

Exercício de Fixação (pag 19 Mod05)

Q1-A figura dada representa uma corda horizontal tracionada que vibra sob a ação da mão de uma pessoa. A onda transversal formada propaga-se ao longo da corda com velocidade $v=0,8\text{m/s}$. A distância horizontal entre os pontos X e Y da corda é $0,1\text{m}$.



Determine:

- O comprimento de onda;
- A frequência de vibração da mão;
- O período de vibração da mão;
- A frequência de propagação da onda
- O período de propagação da onda

Q2- Uma estação de rádio emite ondas de frequência 3,3MHz. Se a velocidade de propagação dessas ondas for 300.000 km/s, seu comprimento de onda será um valor mais próximo de:

Q3- A radiação ultravioleta pode ser prejudicial para os seres vivos, principalmente quando os comprimentos de ondas são pequenos. Entretanto, esse tipo de radiação não é inteiramente nocivo: boa parte da vitamina D que os seres humanos e os animais necessitam é produzida a partir da incidência desses raios sobre a pele.

De acordo com o texto, a radiação ultravioleta -onda eletromagnética produzida, inclusive pelo Sol- pode ser prejudicial aos seres vivos. Principalmente quando apresentar:

-)Grandes períodos;
-)Baixas frequências;
-)Grandes amplitudes;
-)Altas frequências;
-)Pequenas amplitudes.

Propagação de um pulso em meios unidimensionais

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{ou} \quad V = \sqrt{\frac{F}{d \cdot S}}$$

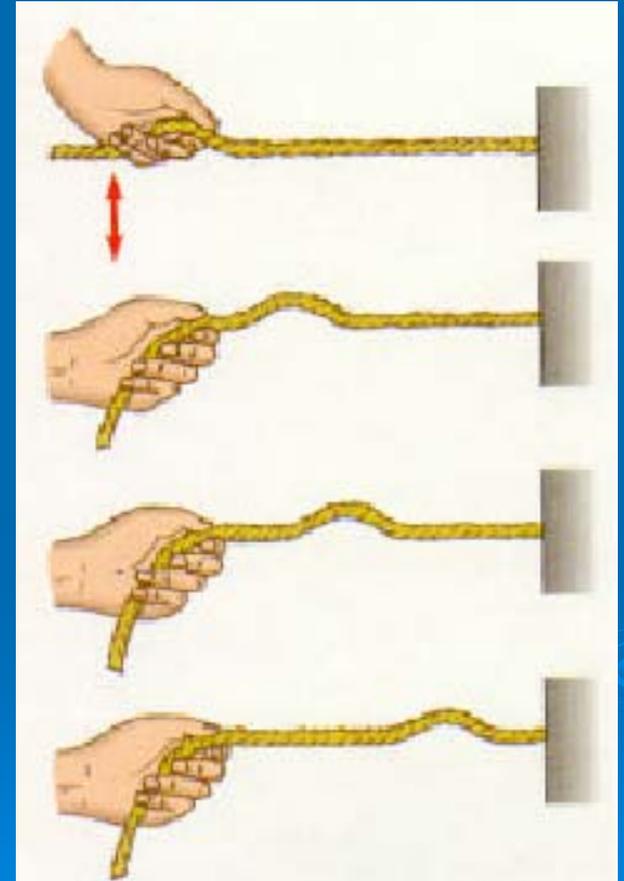
V=velocidade de propagação da onda, em m/s

F=força tensora, em N

μ = densidade linear, em Kg/m

d=densidade volumétrica, em Kg/m³

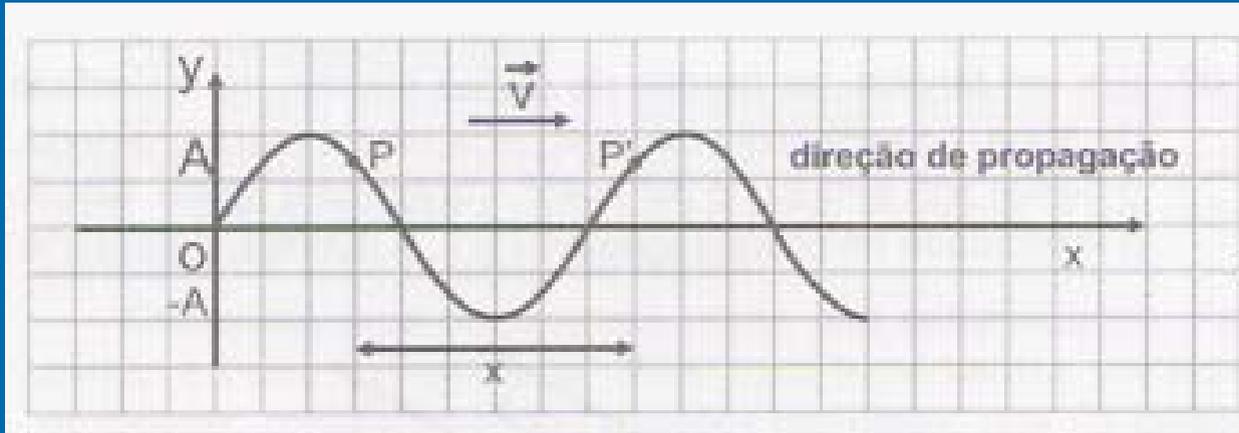
S=área de secção transversal, em m²



Exercício de Fixação (Mod05 Pag20)

Q1- Um arame de aço, com 1m de comprimento e 10g de massa, é esticado com uma força de tração de 100N. Determine a velocidade de propagação de um pulso transversal neste arame. Expresse a resposta em 10^3cm/s .

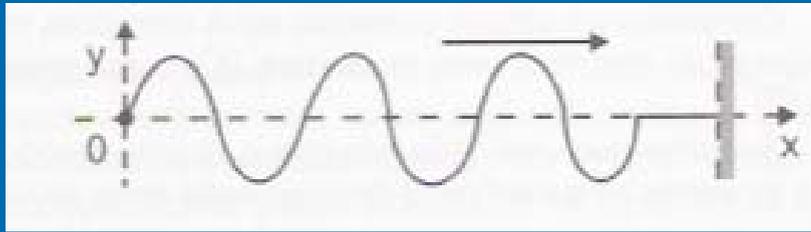
Equação da Onda



$$y = A \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

Exercício de Fixação (Mod05 Pag 21)

Q1-No esquema representado, encontramos uma corda tensa não absorvedora de energia, na qual propaga-se um trem de ondas transversais, no sentido dos vetores crescentes de x .



Em relação ao referencial xOy , a equação dessas ondas é dado por:

$$y = 0,5 \cos[2\pi(20t - 4x)] \quad (SI)$$

Determine:

- A amplitude da onda;
- O comprimento de onda;
- O período e a frequência do movimento

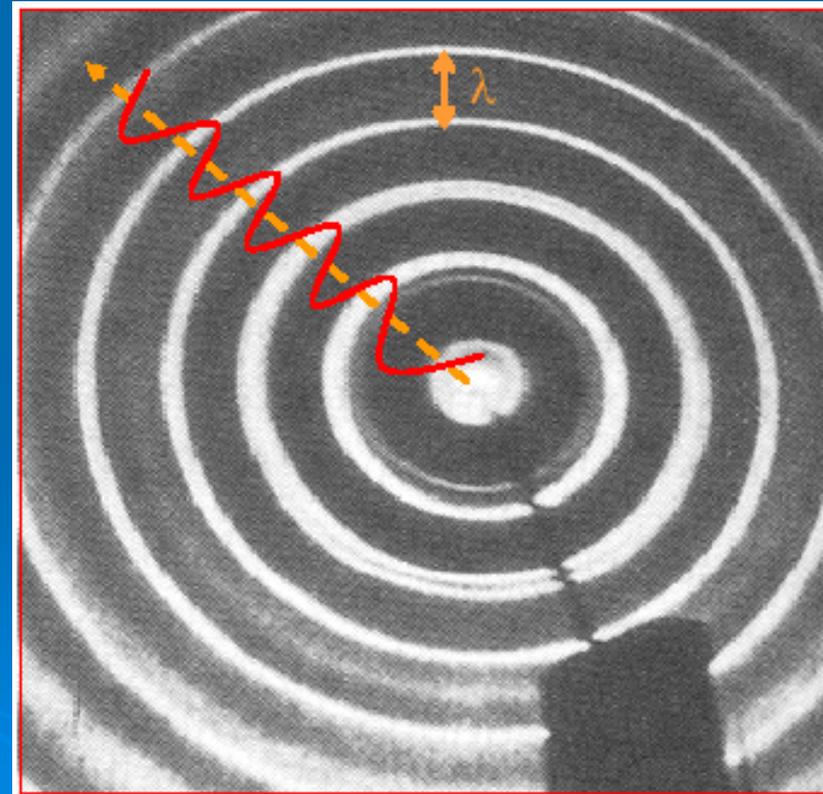
Definições Importantes

Frente de onda: conjunto de pontos atingidos pela perturbação no instante considerado.

Raio de onda: é a trajetória dos pontos da frente de onda

Os círculos que vemos, são constituídos por todos os pontos que, num dado instante se encontram na mesma **fase** de vibração. Diz-se que estes pontos estão sobre uma **frente de onda**.

Obs.: a frente de onda se movimenta com uma velocidade que é chamada de velocidade de propagação da onda



Fenômenos Ondulatórios

Reflexão: É o fenômeno pelo qual uma onda retorna ao meio de origem, após incidência em superfície refletora.

A Lei da Reflexão



Antes da reflexão



Depois da reflexão



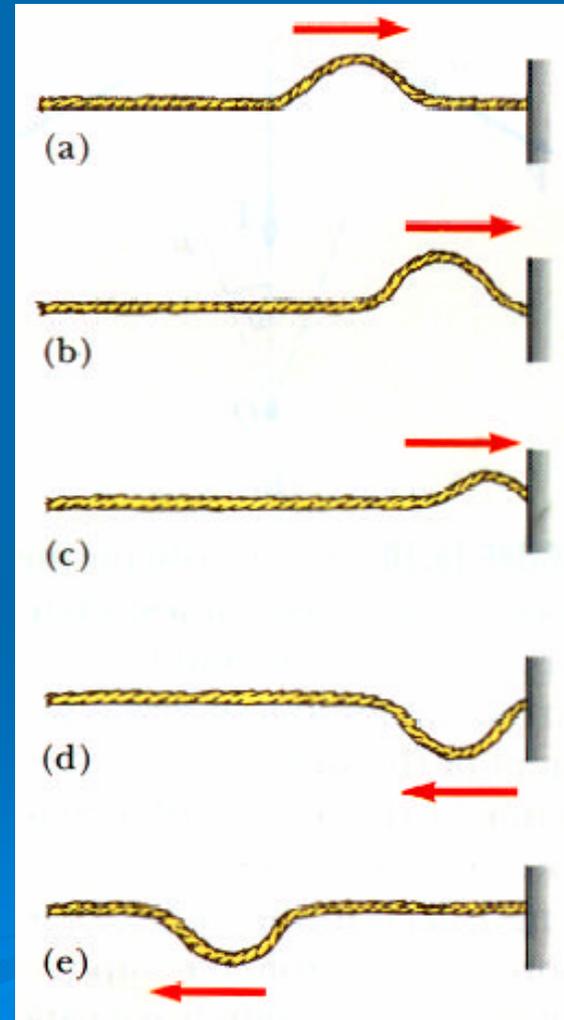
Lei da reflexão: $\theta_i = \theta_r$

Fenômenos Ondulatórios

Reflexão de um pulso numa corda

1. Extremidade fixa

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

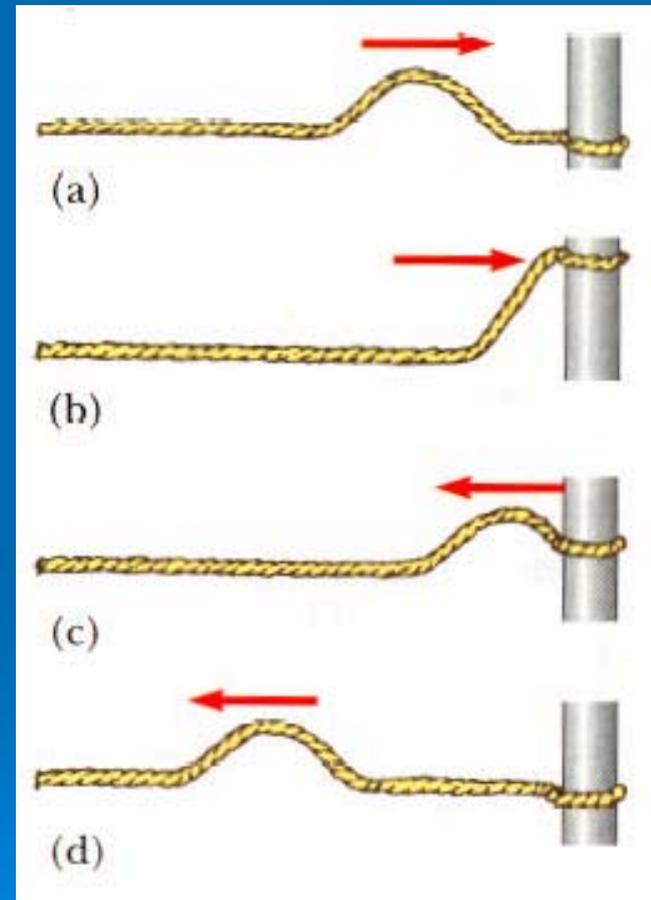


Fenômenos Ondulatórios

Reflexão de um pulso numa corda

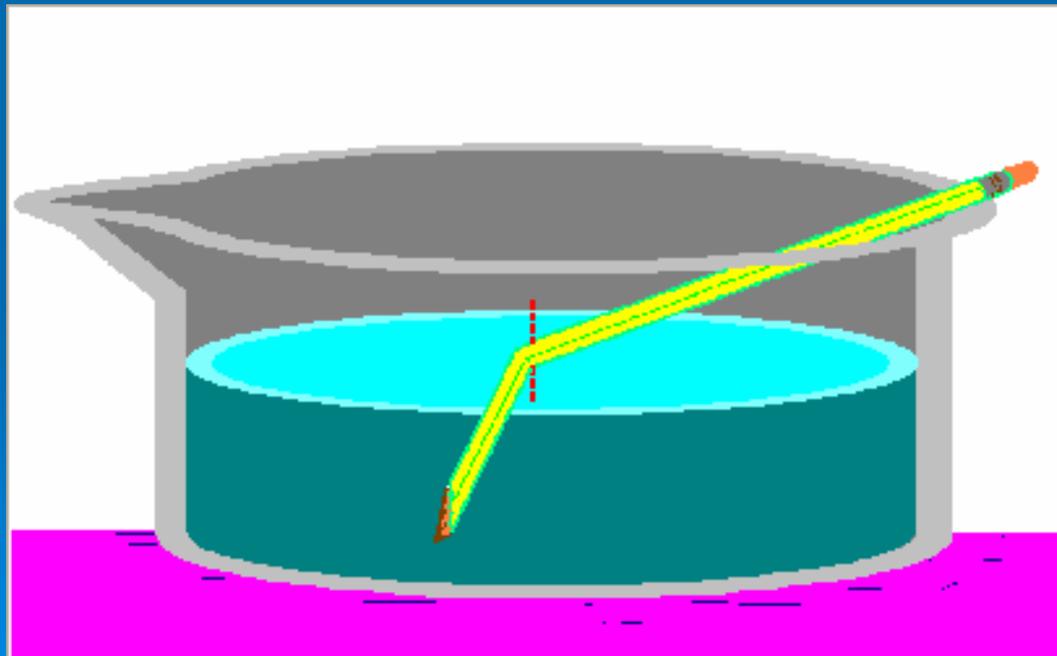
2. Extremidade livre

➤ Se a extremidade é livre, o pulso sofre reflexão sem inversão de fase, mantendo todas as outras características.



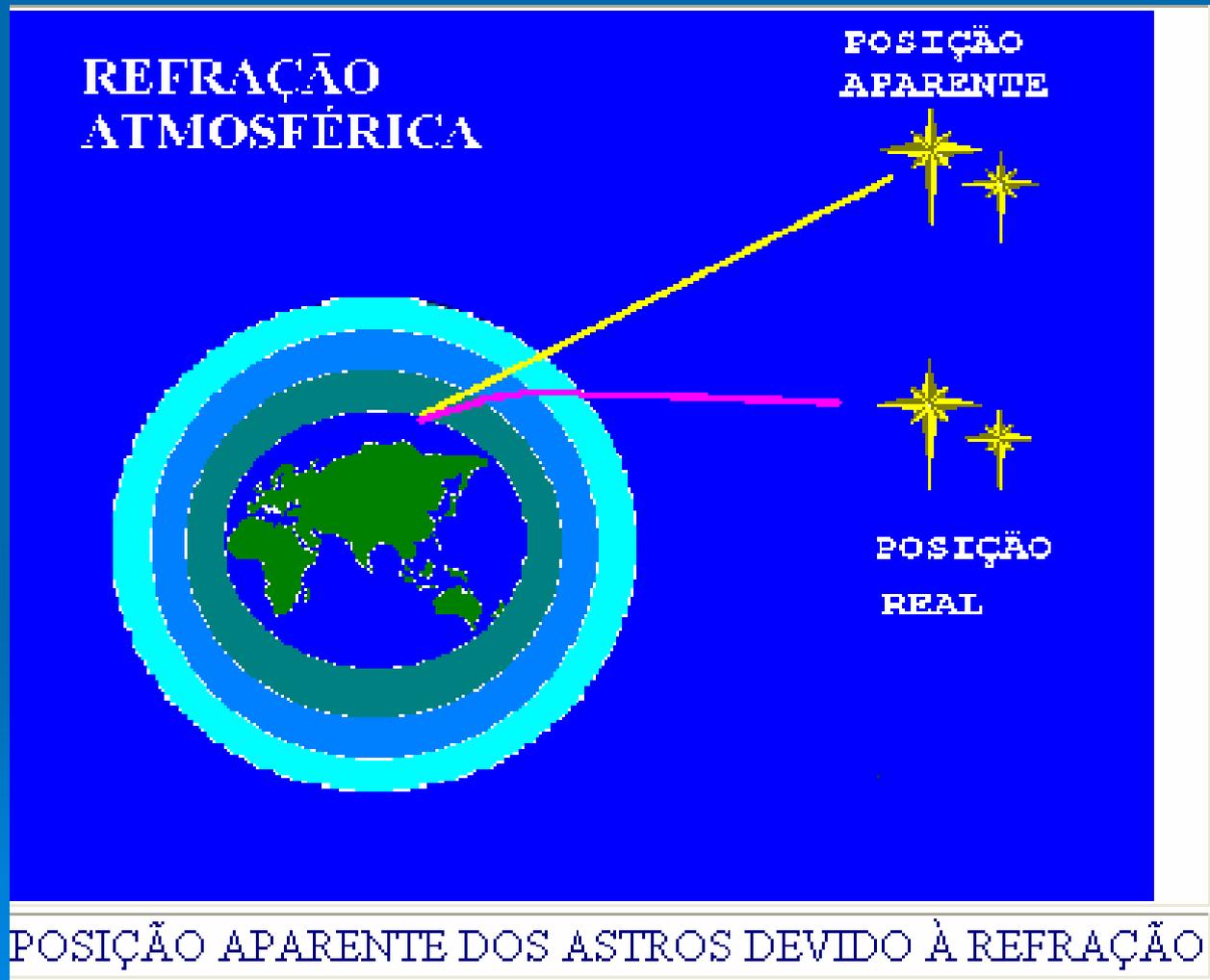
Fenômenos Ondulatórios

2.Refração: É o fenômeno pelo qual uma onda passa de um meio para outro diferente.



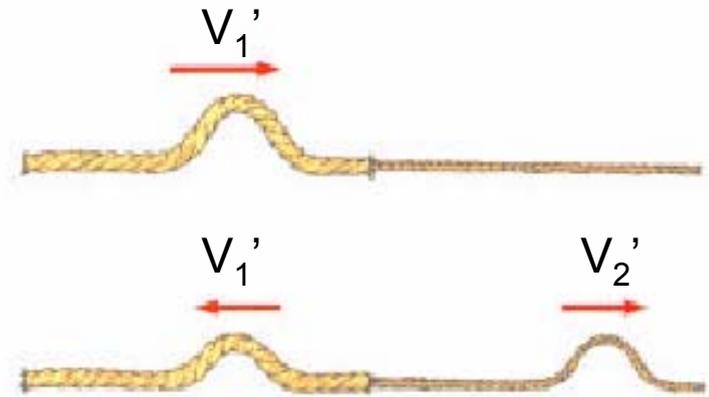
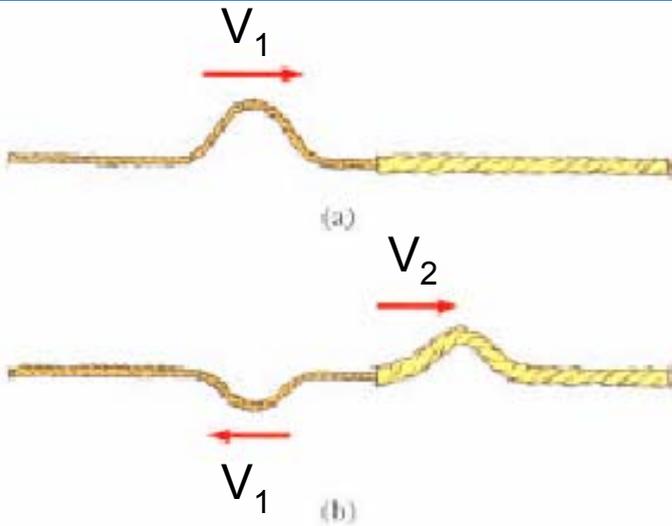
QUEBRA APARENTE DEVIDA À REFRAÇÃO

Fenômenos Ondulatórios



Fenômenos Ondulatórios

Refração e Reflexão de um pulso numa corda

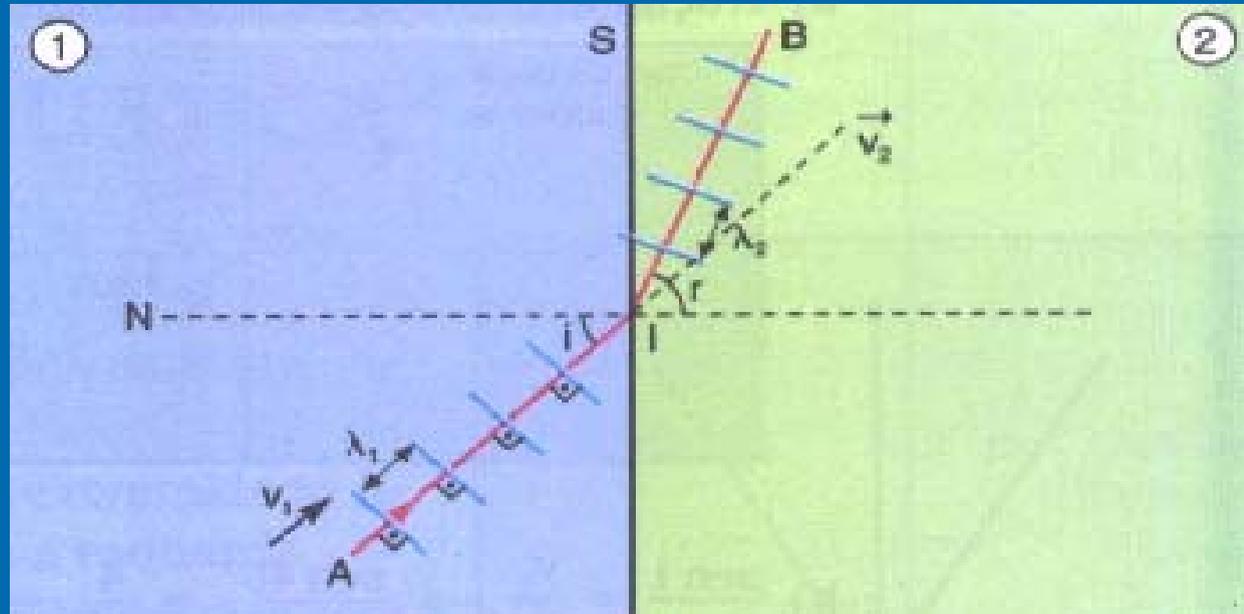


$$V_2 < V_1$$

$$V_2' > V_1'$$

Leis da Refração

1º Lei: Os raios de onda incidente e refratado e a normal são coplanares.



2º Lei: Lei de Snell- Descartes:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

OBS:

$$\text{Se } n_2 > n_1 \rightarrow \lambda_2 < \lambda_1 \rightarrow v_2 < v_1 \rightarrow r < i$$

$$\text{Se } n_2 < n_1 \rightarrow \lambda_2 > \lambda_1 \rightarrow v_2 > v_1 \rightarrow r > i$$

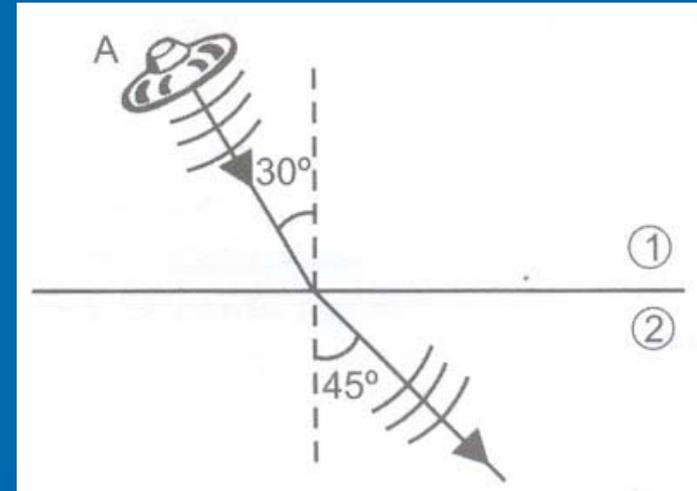
IMPORTANTE:

-Na refração, a frequência e a fase não variam;

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

Exercício (pág 22 mod 05)

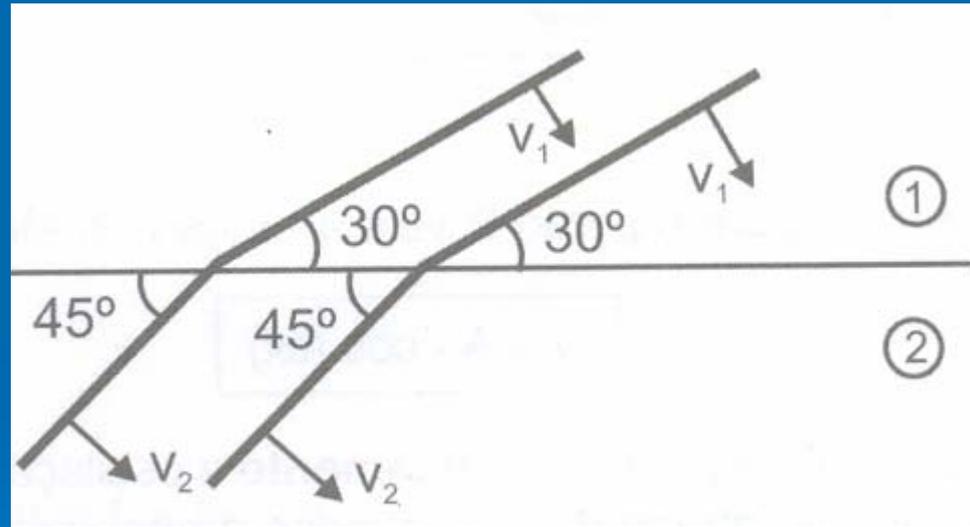
01-A figura representa uma alto falante A emitindo um raio sonoro no ar (meio 1), onde sua frequência é 700Hz e sua velocidade é 350m/s. O som se refrata, penetrando num líquido (meio 2), conforme a figura. Calcule:



- O comprimento de onda do som em 1;
- O comprimento de onda do som em 2;
- A frequência do som em 2;
- A velocidade do som em 2.

Exercício(pág22 mod05)

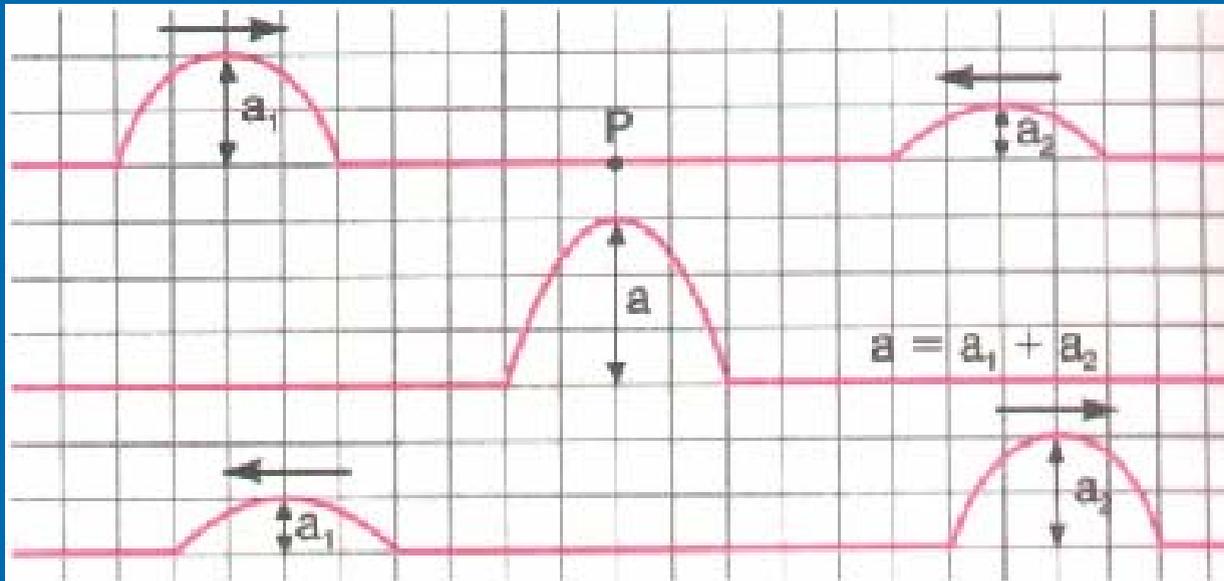
02-Em um tanque, as frentes de onda planas, na superfície da água, ao passarem de uma parte rasa a outra profunda, o fazem sob ângulo de 30° e 45° , conforme a figura. Sendo a velocidade de propagação em 1, $V_1=30\text{cm/s}$, determine:



- A velocidade V_2 de propagação no meio 2;
- A razão entre os comprimentos de onda 1 e 2

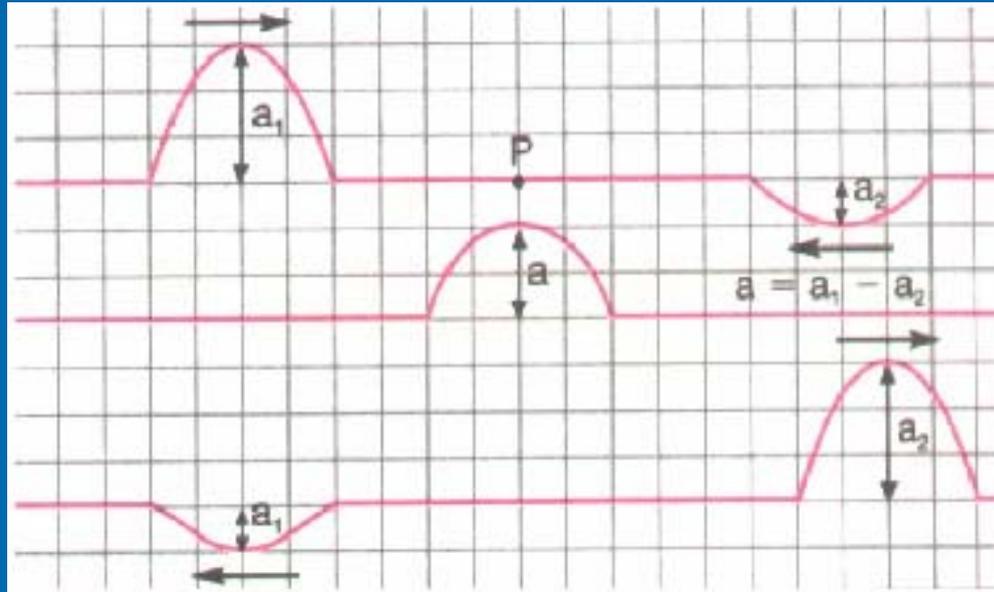
Princípio da Superposição

➤ Quando duas ou mais ondas se propagam, simultaneamente, num mesmo meio, diz-se que há uma *superposição de ondas*.



➤ Supondo que atinjam o ponto P no mesmo instante, elas causarão nesse ponto uma perturbação que é igual à soma das perturbações que cada onda causaria se o tivesse atingido individualmente, ou seja, a onda resultante é igual à soma algébrica das ondas que cada uma produziria individualmente no ponto P , no instante considerado.

Princípio da Superposição

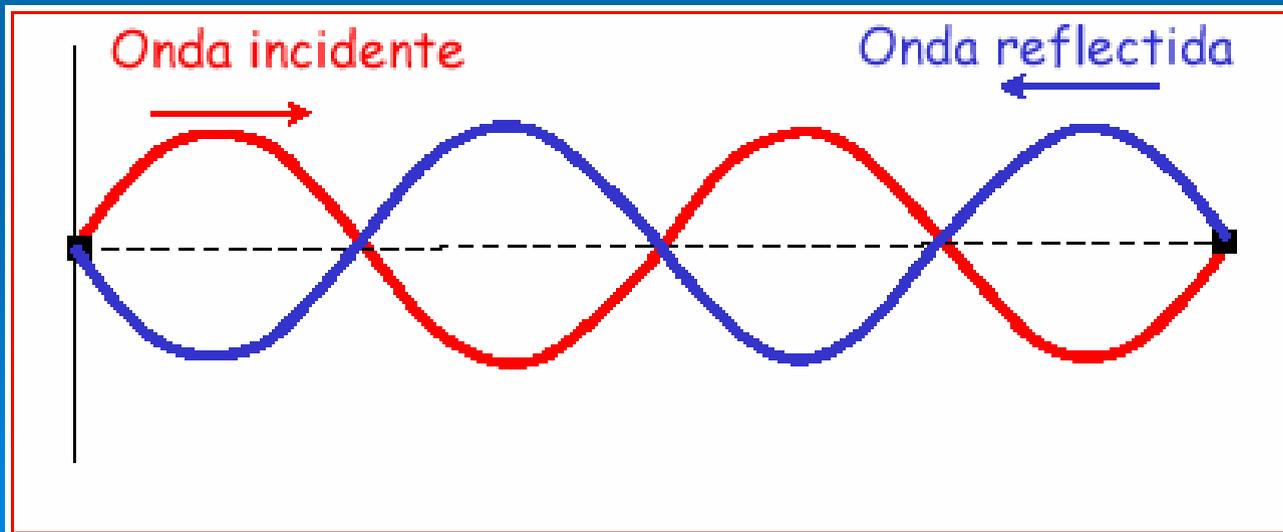


- Após a superposição, as ondas continuam a se propagar com as mesmas características que tinham antes.

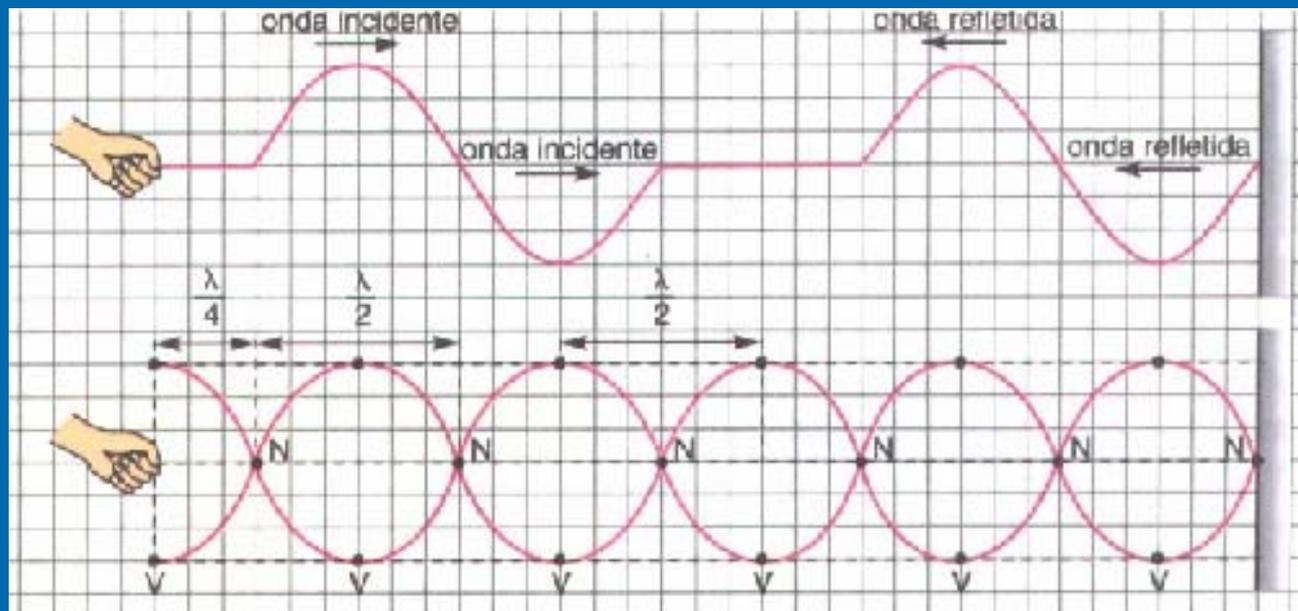
Ondas Estacionárias

São resultantes da superposição de ondas iguais que se propagam em sentidos opostos em um mesmo meio

Ex.: ondas na corda de um piano ou ondas sonoras num tubo de um órgão.



Ondas Estacionárias



Observe que:

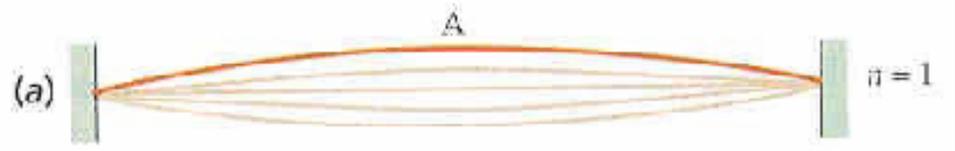
1-Como os nós estão em repouso, não pode haver passagem de energia por eles, não havendo, então, em uma corda estacionária o transporte de energia.

2- A distância entre dois nós ou ventres consecutivos vale $\lambda / 2$.

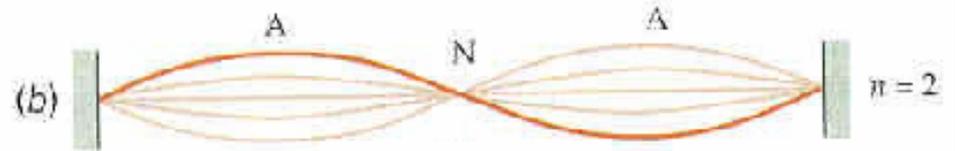
3- A distância entre um nó e um ventre consecutivo vale $\lambda / 4$.

Corda fixa em ambas as extremidades

1ª harmónica (fundamental)



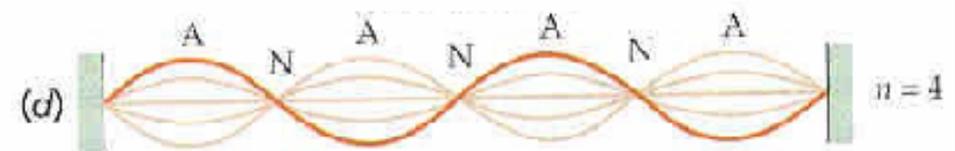
2ª harmónica



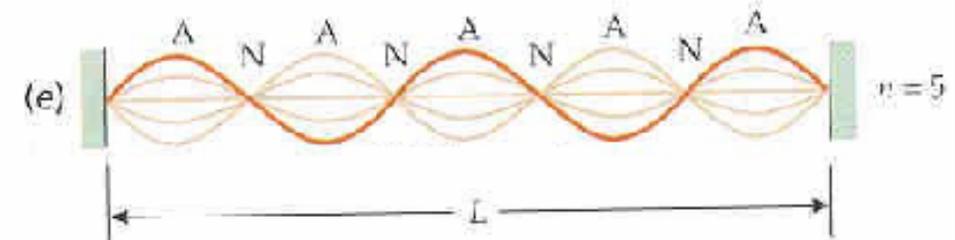
3ª harmónica



4ª harmónica



5ª harmónica



$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

Corda fixa em ambas as extremidades

As frequências que originam esta forma nas ondas são denominadas **frequências de ressonância** do sistema.

$$f = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L}$$

Cada uma destas frequências juntamente com a respectiva função de onda é denominado **modo de vibração**.

A frequência de ressonância mais baixa é denominada **frequência fundamental** e o modo de vibração **modo fundamental** ou **primeira harmónica**.

Para a 2ª frequência mais baixa produz um modo denominado **segunda harmónica**, cuja frequência é duas vezes a frequência fundamental.

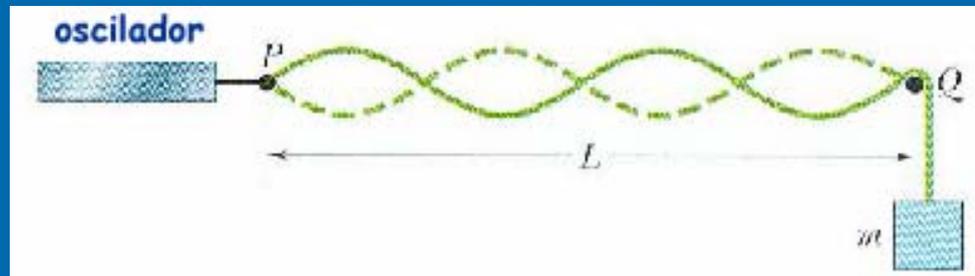
Questão Extra

Um fio é amarrado a um oscilador no ponto P e passa por cima de um suporte Q, onde está ligado a um bloco de massa m . A separação entre P e Q (L) é de 1,2 m, a densidade linear do fio é de $\mu=1,6$ g/m e a frequência do oscilador é de 120 Hz. Considerando que a amplitude do movimento no ponto P é suficiente pequena para que possa ser considerado um nodo, tal como em Q, determine:

- A massa m de modo que o oscilador consiga reproduzir a quarta harmónica no fio.
- Que modo de onda estacionária se conseguiria obter caso a massa m fosse de 1 kg?

Resolução:

$$a) \quad f = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L} \text{ para } n = 1, 2, 3, \dots$$



Para se conseguir reproduzir a 4ª harmónica ($n=4$):

$$120 = 4 \frac{v}{2 \cdot 1,2} \Leftrightarrow 72 = v \Leftrightarrow 72 = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 72 = \sqrt{\frac{mg}{1,6 \times 10^{-3}}} \Leftrightarrow 72^2 = \frac{m \cdot 9,8}{1,6 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow m = 0,85 \text{ kg}$$

b) Caso $m = 1 \text{ kg} \Rightarrow n = 3, 7$, o que não dá um n° inteiro, logo é impossível gerar um harmónico.

Questão 01 (Pág 26/Mod05)

01-Uma corda de comprimento 80cm é posta a vibrar entre dois extremos fixos. Ao longo de todo seu comprimento surgem cinco nós e quatro ventres. Sabendo que a velocidade de propagação da onda estacionária na corda é 100cm/s, determine:

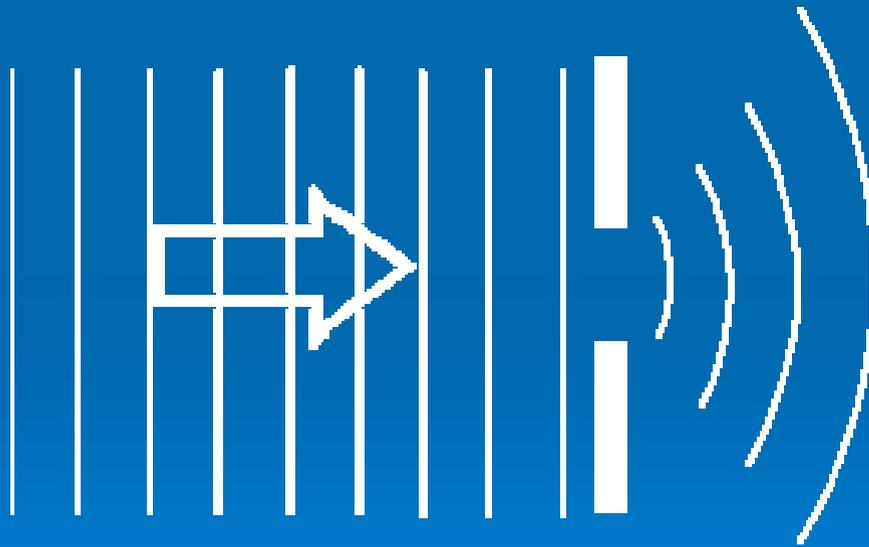
- O comprimento de onda;
- A frequência de vibração.

Questão Extra

01-O comprimento das cordas de um violão(entre suas extremidades fixas) é de 60cm. Ao ser dedilhada, a 2ª corda (lá) emite um som de frequência fundamental igual a 220Hz. Qual será a frequência do novo som fundamental emitido, quando o violonista, ao dedilhar esta mesma corda, fixar o dedo no traste a 12 cm de sua extremidade?

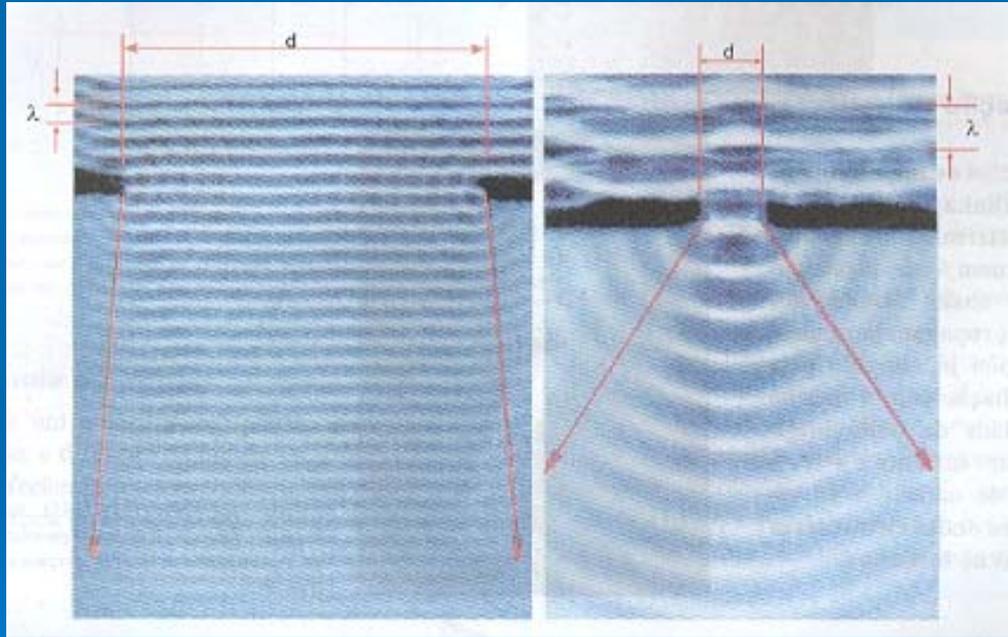
Difração

É o fenômeno pelo qual uma onda tem a capacidade de contornar um obstáculo ou de passar por fendas.

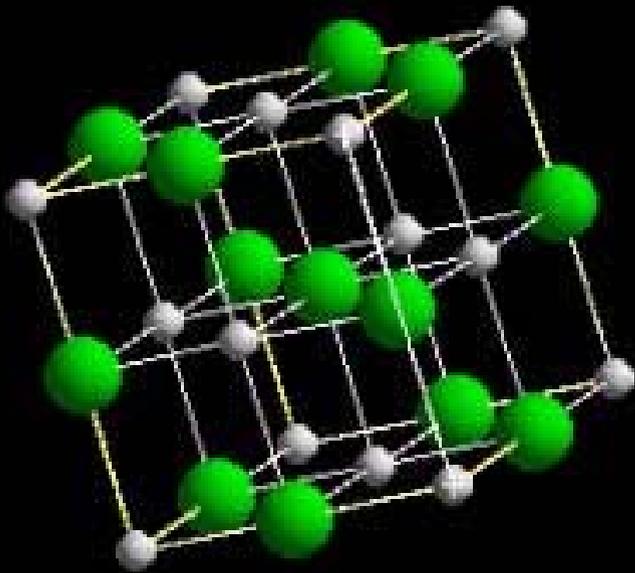


Difração

Favorece a percepção da difração: $d \leq \lambda$



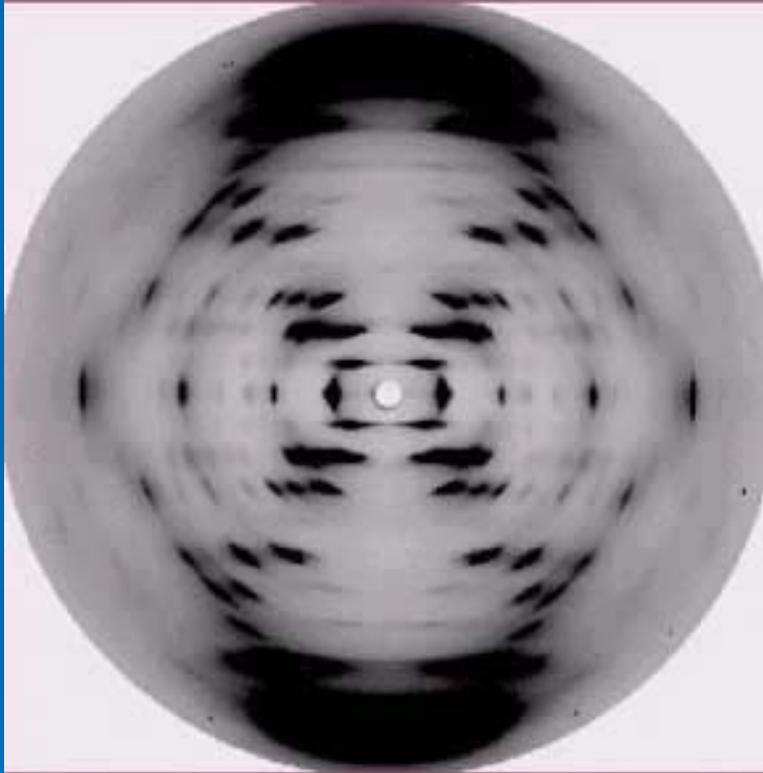
Difração de Raio-X



Conhecendo-se as distâncias interatômicas, pode-se determinar a estrutura atômica dos materiais.

Estrutura cúbica do sal de cozinha, onde as esferas verdes são os átomos de cloro (Cl^-) e as esferas cinzas os átomos de sódio (Na^+).

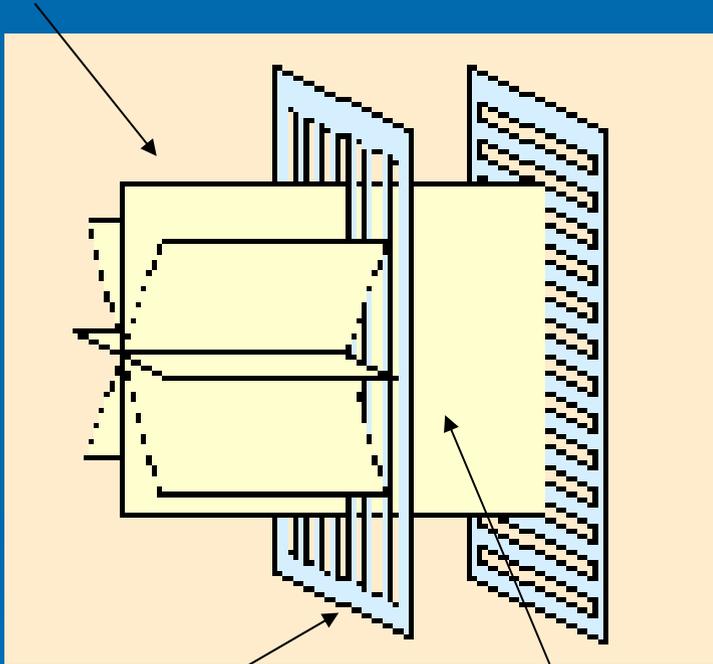
Difração de Raio-X



Principal ferramenta usada por Watson e Crick, em 1953, para propor a estrutura em dupla hélice do DNA.

Polarização

Onda não
Polarizada

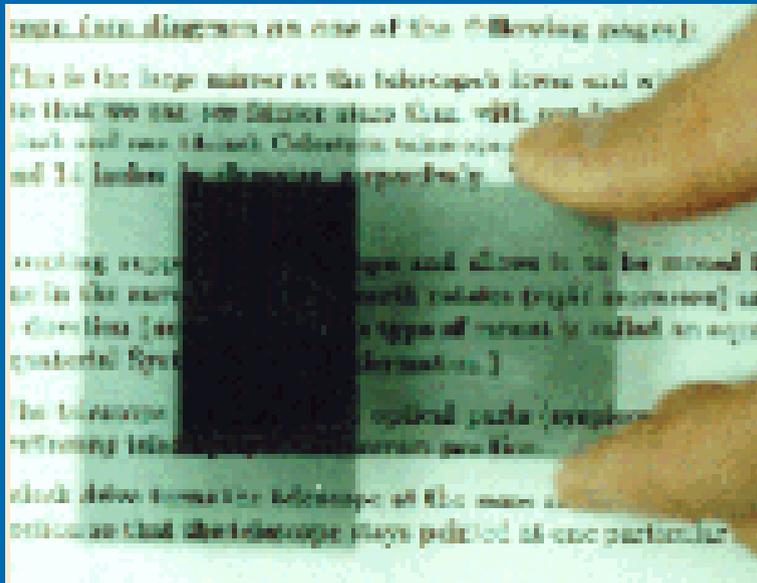


Polarizador

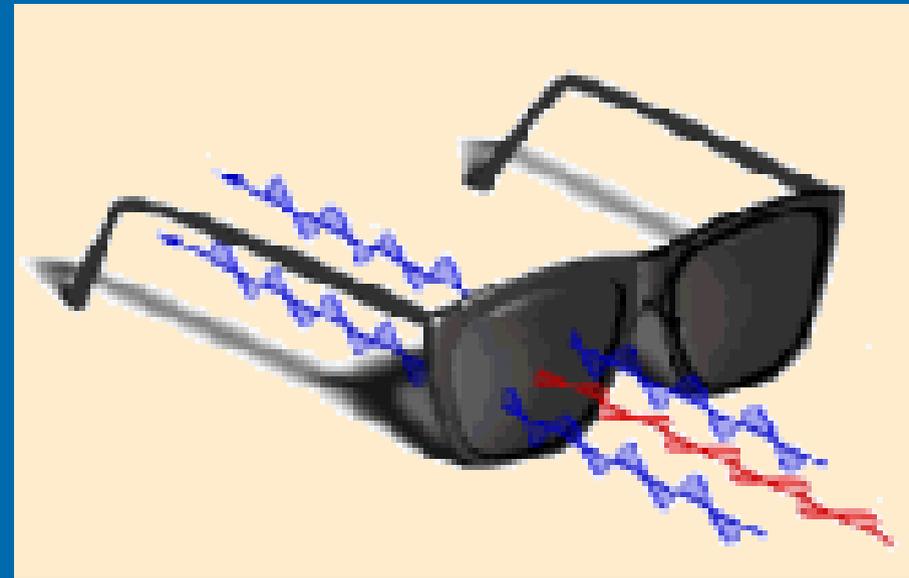
Onda
Polarizada

**Polarizar uma
onda significa
orientá-la
numa única
direção ou
plano.**

Aplicações da Polarização



Dois polarizadores no mesmo plano, estando um em rotação, podem produzir escuridão em determinados ângulos.



A utilização de lentes polarizadoras nos óculos de sol permite que parte da luz incidente sobre a lente seja absorvida, diminuindo o excesso de iluminação.

Fique Esperto!

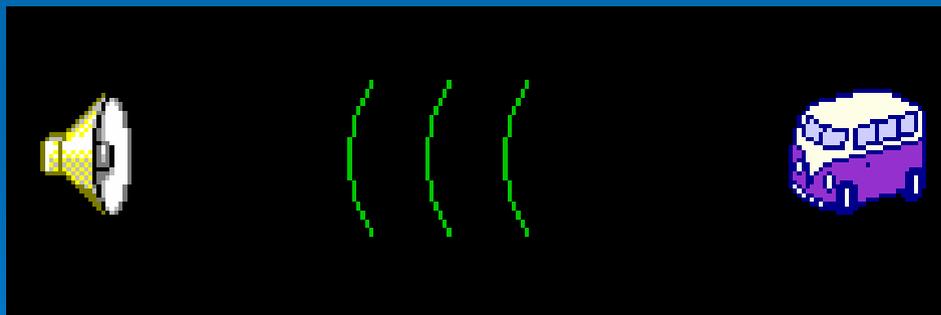
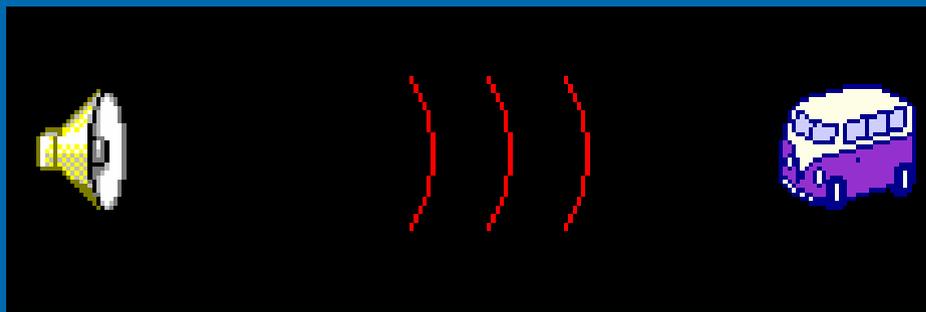
1. A polarização só acontece com as ondas transversais;
2. A luz pode ser polarizada;
3. O som não pode ser polarizado.

Efeito Doppler-Fizeau

Denomina-se efeito Doppler a alteração da frequência notada pelo observador em virtude do movimento relativo de aproximação ou afastamento entre uma fonte de ondas e o observador.



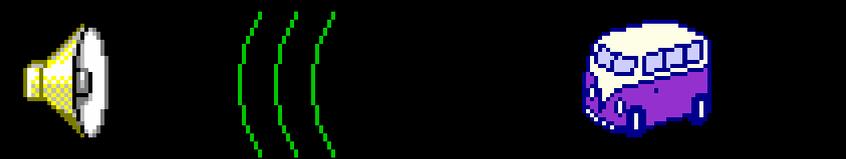
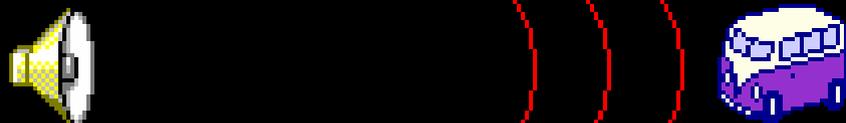
Radar Doppler



Quando uma fonte sonora emite um som de uma determinada frequência em direção a um objeto imóvel, este som refletirá neste objeto e voltará inalterado, com a mesma frequência.

Radar Doppler

Se o automóvel em questão estiver se movimentando em direção à fonte, o receptor do radar identificará um aumento na frequência.



A diferença entre as frequências emitidas e refletidas será traduzida pelo decodificador no radar como um valor de velocidade.

Como calcular a frequência aparente?

Qualquer que seja o movimento relativo entre observador e fonte, podemos calcular a frequência aparente pela relação:

$$\frac{f_o}{V \pm V_o} = \frac{f_F}{V \pm V_F}$$

f_o =frequência aparente percebida pelo observador;

f_F =frequência real emitida pela fonte;

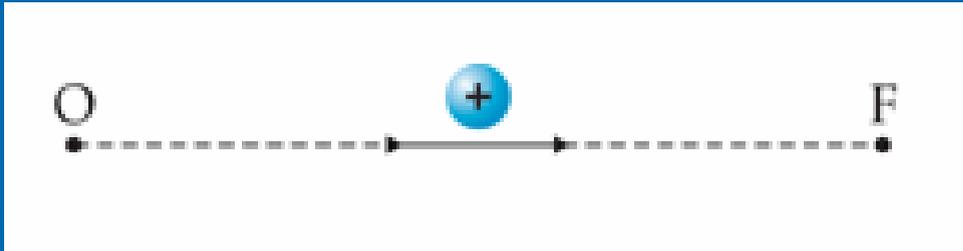
V_o =velocidade do observador;

V_F =velocidade da fonte;

V =velocidade da onda sonora

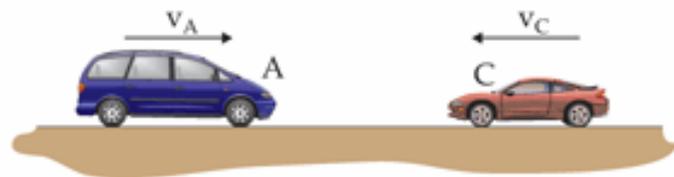
A expressão anterior é válida com a seguinte convenção de sinais:

1ª) Orienta-se sempre positivamente do observador O para a fonte F ;



Exercícios Resolvidos

01. No esquema abaixo, A é uma ambulância que se move a 108 km/h e C é um carro que se move opostamente à ambulância a uma velocidade de 36 km/h.



A ambulância, tocando sirene, emite um som de frequência 900 Hz. Se a velocidade do som no ar (supostamente parado) é de 330 m/s, calcule a frequência aparente do som ouvido pelo motorista de C:

- antes do cruzamento de seu carro com a ambulância;
- depois do cruzamento de seu carro com a ambulância.

Resolução

a)

$$\frac{108 \text{ km}}{\text{h}} = 30 \text{ m/s} \quad v_0 = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \text{ m/s}$$

$$\frac{f_0}{v \pm v_0} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$$

$$\frac{f_0}{330 + 10} = \frac{900}{330 - 30}$$

$$F_0 = 1\,020 \text{ Hz}$$

b)

$$\frac{f_0}{v \pm v_0} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$$

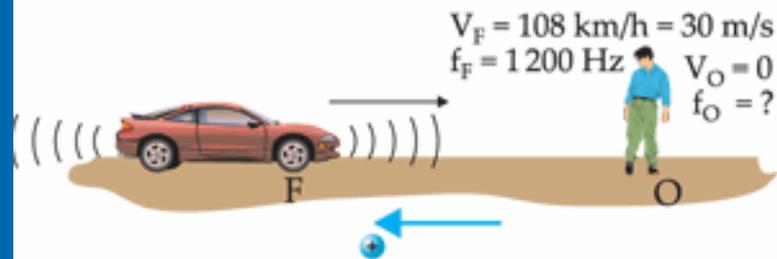
$$\frac{f_0}{330 - 10} = \frac{900}{330 + 30}$$

$$F_0 = 800 \text{ Hz}$$

02. Um automóvel, deslocando-se à velocidade de 108 km/h, toca sua buzina, cujo som é uma senóide pura de frequência igual a 1 200 Hz. Um homem parado ao lado da estrada percebe uma variação brusca no som, no instante em que o automóvel passa pelo ponto onde se encontra. Qual a variação de frequência percebida pelo observador?

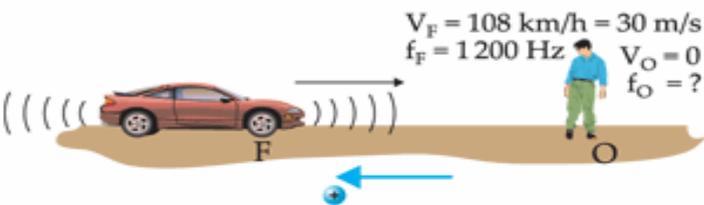
Resolução

Antes do cruzamento



Resolução

Antes do cruzamento

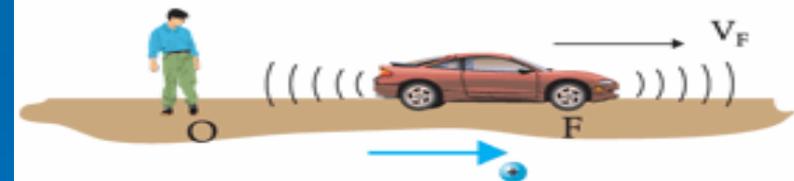


$$\frac{f_o}{v \pm v_o} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$$

$$\frac{f_o}{340} = \frac{1200}{340 - 30}$$

$$f_o = 1\,316,13 \text{ Hz}$$

Depois do cruzamento:



$$\frac{f_o}{v \pm v_o} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$$

$$\frac{f'_o}{340} = \frac{1200}{340 + 30}$$

$$f'_o = 1\,102,70 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = f_o - f'_o = 1\,316,13 - 1\,102,70$$

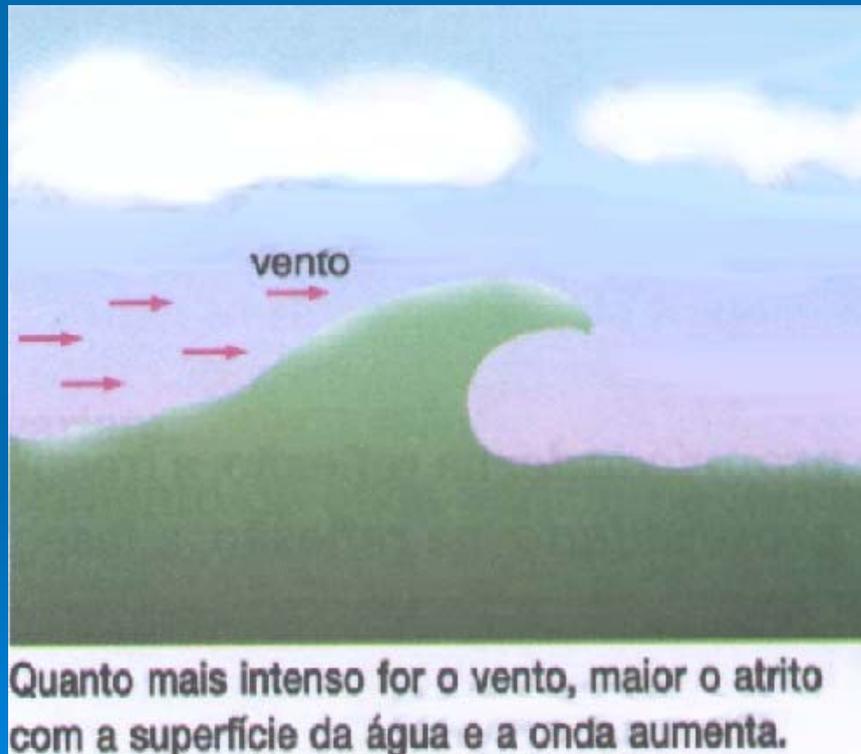
$$\Delta f = 213,43 \text{ Hz}$$

Você Sabia?

A ALTURA DAS ONDAS

O tamanho das ondas depende de três fatores:

1. Vento:



2. Encontro (superposição) de ondas:



Duas ou mais ondas pequenas se unem e formam uma onda maior.

3. Forma do litoral.



Com o litoral recortado, as ondas atingem partes do continente e diminuem de altura.