

Aula 00

POLITEC-PE (Perito Papiloscopista)

Noções de Física - AOCP

Autor:

Vinicius Silva

13 de Novembro de 2023

Sumário

| | |
|--|----|
| 1 - Ondas..... | 3 |
| 1.1 – Conceito..... | 3 |
| 1.2 – Grandezas associadas às ondas..... | 3 |
| 1.3 – Velocidade de propagação de uma onda | 6 |
| 1.4 – A relação de Taylor e a velocidade das ondas em cordas | 8 |
| 1.5 – Classificação das ondas em cordas..... | 10 |
| 1.6 – Energia transmitida pelas ondas | 11 |
| 1.7 – Ondas estacionárias | 13 |
| 2 - Ondas sonoras | 17 |
| 2.1 – Conceito..... | 17 |
| 2.2 – Qualidades do som | 18 |
| 2.3 – Equação fundamental..... | 22 |
| 2.4 – Fenômenos ondulatórios do som | 23 |
| 2.5 – Efeito Doppler | 28 |
| 3 - Frequências naturais e ressonância | 31 |
| 3.1 – Tubos Sonoros..... | 32 |
| 4 - Ondas Eletromagnéticas..... | 34 |
| 5 - Interferência da luz..... | 37 |
| 5.1 – Condições para interferência construtiva e destrutiva..... | 38 |
| 6 - Polarização da Luz | 42 |
| 7 - Movimento Harmônico Simples..... | 46 |

A parte de MHS pode ser o que tenha uma maior dificuldade, no entanto, vamos tornar sua vida mais fácil, notadamente nessa parte da matéria, pois a teoria será dada de forma bem lenta, compassada e



| | |
|--|-----|
| na medida certa da sua prova. Quanto aos exercícios dessa parte da aula, teremos vários, uma quantidade boa de questões sobre esse assunto. | 46 |
| 7.1 – Conceito..... | 46 |
| 7.2 – Cinemática do MHS..... | 47 |
| 7.3 – Dinâmica do MHS..... | 55 |
| 7.4 – Análise energética do MHS..... | 56 |
| 7.5 – Pêndulo Simples..... | 58 |
| 7.6 – Sistema Massa-Mola..... | 61 |
| Questões Comentadas..... | 64 |
| Lista de Questões..... | 103 |
| Gabarito..... | 117 |
| FÓRMULAS MAIS UTILIZADAS NA AULA..... | 118 |



1 - Ondas

Nos editais consta o conteúdo de ondas. Vamos conhecer as **principais grandezas associadas às ondas**.

1.1 – Conceito

As ondas dividem-se quanto a sua natureza em mecânicas ou eletromagnéticas, cada uma tem um conceito diferente.

- Onda mecânica é toda perturbação causada em um meio material por conta de uma propagação de energia, sem que as partículas do meio sejam transportadas. (som, ondas em cordas, ondas na água)
- Onda eletromagnética é um conjunto de dois campos (um magnético, outro elétrico) que oscilam perpendicularmente um ao outro. (exemplos: luz, microondas, ondas de rádio)

Vamos dar uma aprofundada nas ondas eletromagnéticas, principalmente na luz durante a aula de óptica geométrica, na qual vamos tecer os principais comentários a respeito dessa onda eletromagnética particular.

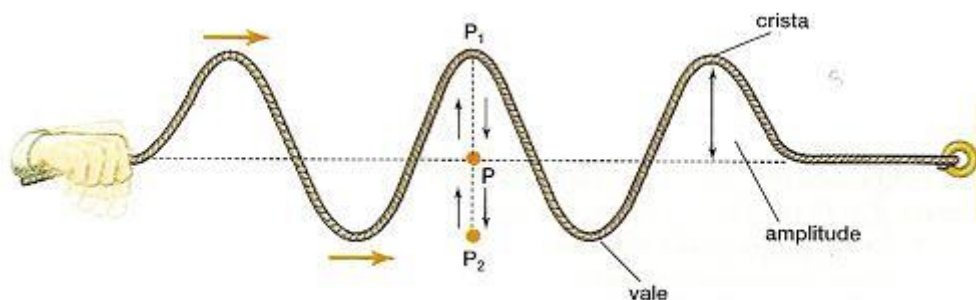
Bom, esse é o conceito de onda. Agora devemos aprender as principais grandezas associadas a uma onda, e para isso, vamos usar já o exemplo da onda em corda.

1.2 – Grandezas associadas às ondas

1.2.1 – Amplitude

Amplitude é a ordenada máxima que um ponto do meio vibracional pode ocupar quando a onda se propaga nele.

Vamos ver no exemplo abaixo a representação da amplitude, para que você entenda de forma mais simples.



Na figura acima você percebe uma onda em uma corda que se propaga da esquerda para a direita.

A amplitude de uma onda é a distância entre o eixo horizontal da corda em repouso (eixo tracejado) e uma crista ou vale. A crista é o ponto máximo de oscilação de uma onda e o vale é o ponto mínimo de oscilação de um ponto da corda.

A amplitude é dada em “m” no SI.

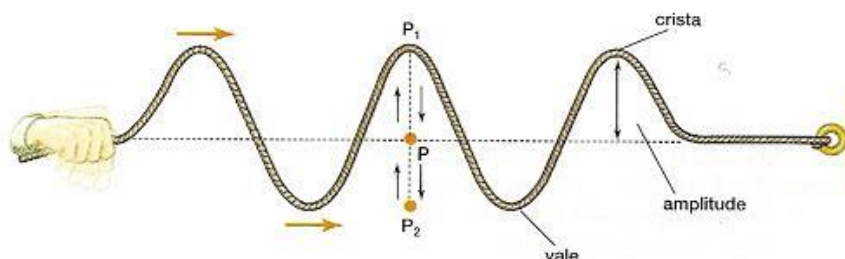
Vou aproveitar o ensejo para lhe informar que os pontos da corda apenas vibram na vertical, de acordo com a definição de onda mecânica **os pontos da corda não se movem da esquerda para a direita, quem se move na direção horizontal é a onda. ISSO É MUITO IMPORTANTE!**

O que foi destacado acima serve de base para a classificação da onda em corda, mas disso falamos daqui a pouco quando formos classificar uma onda em corda.

1.2.2 – Período e frequência

O período de uma onda é o intervalo de tempo que leva para um ponto da corda completar uma oscilação ou ciclo.

Veja a figura abaixo:



Período é o tempo que leva para o ponto P subir até P₁, voltar e descer até P₂ e finalmente concluir a oscilação voltando à posição originária.

Esse tempo é chamado de período de oscilação. Se quisermos colocar uma fórmula para o seu cálculo, seria ela então:

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

Onde Δt é o intervalo de tempo decorrido e n é o número de oscilações realizadas naquele intervalo de tempo.

O período é dado em **segundos (s)**, no SI.

A frequência de uma onda, por sua vez, é o número de vezes que um ciclo se repete em um intervalo de tempo. Se você perceber o conceito, é justamente o inverso do período.

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

A unidade da frequência é o **Hz (s⁻¹)**.

Se você perceber bem, vai notar que os conceitos de frequência e período são inversos, o que nos permite escrever uma relação entre as duas grandezas:



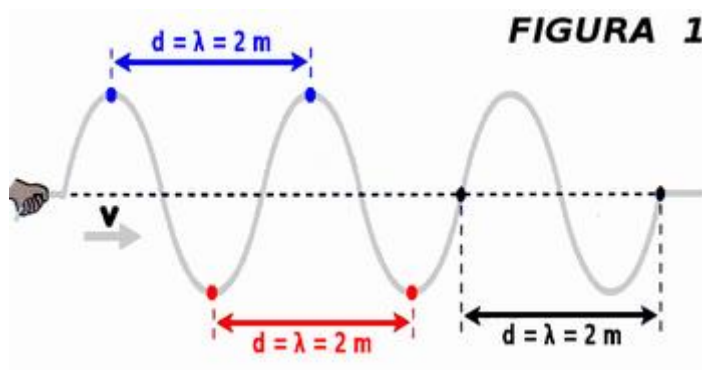
$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

Essa relação é a mesma do MHS, e os conceitos também, por isso você deve ter se sentido bem tranquilo em relação a esse tópico.

1.2.3 – Comprimento de onda

Esse é sem dúvida um tema muito relevante para a sua prova. Saber identificar o comprimento de onda em uma onda propagando-se em uma corda é fundamental.

Na figura abaixo você vai identificar bem todas as três formas que o comprimento de onda pode aparecer em sua prova.



A distância correspondente ao comprimento de onda pode ser dada de três formas:



- Distância entre duas cristas
- Distância entre dois vales
- Distância entre dois pontos fixos horizontais iguais aos pontos pretos acima.

Existe uma definição de comprimento de onda bem complexa, que é:

“Comprimento de onda é a distância entre dois pontos de mesma ordenada em fase”

Você não precisa entender esse conceito, o que vai cair na sua prova é a identificação do comprimento de onda em um caso prático, como o do exemplo acima.

1.3 – Velocidade de propagação de uma onda

A velocidade de uma onda é algo realmente desafiador, pois cai muito em prova, pode ser abordado de muitas formas em uma questão, mas é muito simples de entender, principalmente para você que investiu no seu futuro e está fazendo um curso regular de forma antecipada.

A velocidade de uma onda é constante para um mesmo meio, ou seja, ela é uma grandeza associada a uma onda que permanece constante e com o mesmo valor até que o meio de propagação da onda modifique-se.

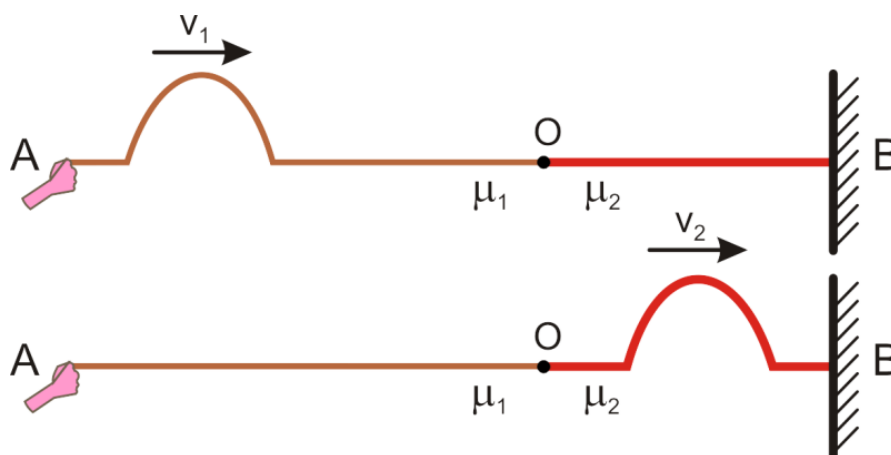


Professor, e o que é a mudança de meio em uma onda em corda?

Ótima pergunta Aderbal!

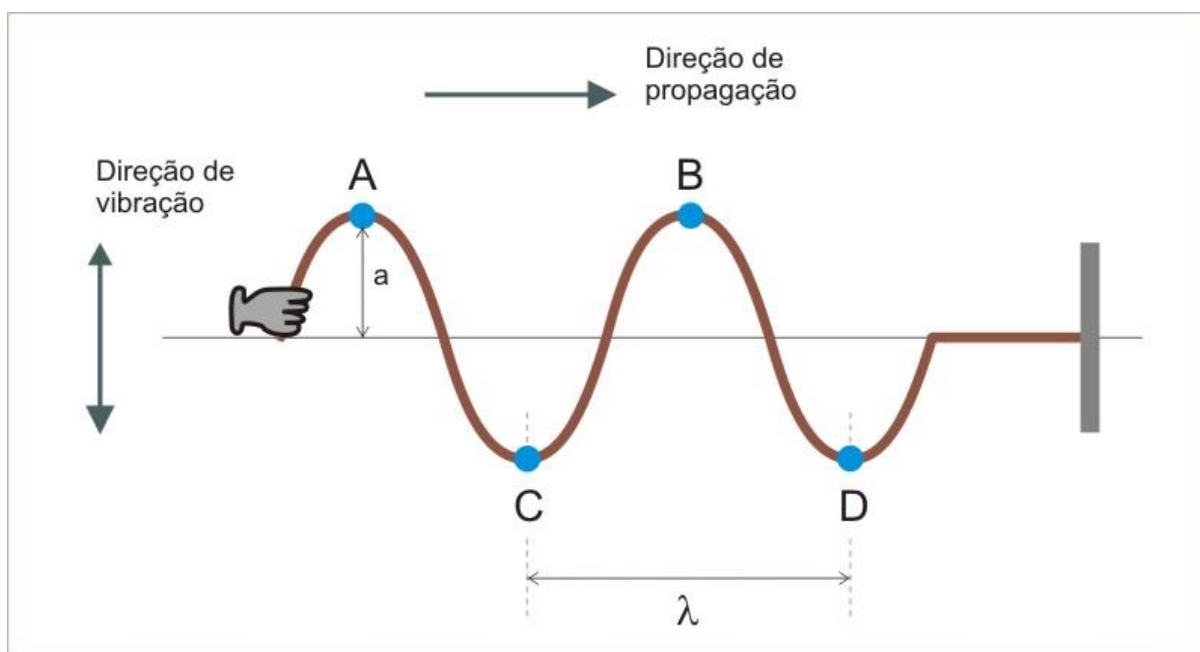
A mudança de meio ocorre quando se modifica a corda, ou seja, as características da corda (comprimento, massa, densidade linear, material de que é feita...).

Ou seja, quando uma onda passa de uma corda mais fina para uma mais grossa, conforme o desenho abaixo:



As cordas acima são diferentes, portanto, as velocidades são diferentes também.

Agora que você já conhece as particularidades da velocidade, vamos aprender a equação fundamental da ondulatória, que vai relacionar a velocidade de propagação, o comprimento de onda e a frequência da onda.



Na figura acima, note que a onda percorre uma distância igual a um comprimento de onda enquanto decorre o tempo correspondente a um período de oscilação.

Logo, aplicando a ideia de velocidade:



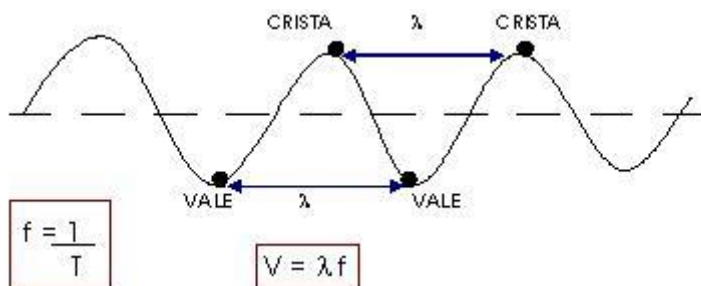
$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \frac{1}{T}$$
$$V = \lambda \cdot f$$

Essa é a equação fundamental da ondulatória. Essa equação se aplica a todos os tipos de onda, independentemente de sua natureza ou classificação segundo qualquer critério.

Essa equação vai ser muito discutida em nosso curso, até na aula de fluorescência.



Resumindo:



f = frequência (Hz)
 $t = T$ = tempo (s)
 $s = \lambda$ = comprimento da onda (m)
 V = velocidade da onda (m/s)

$\lambda = \frac{V}{f}$ O comprimento da onda é inversamente proporcional à frequência.

1.4 – A relação de Taylor e a velocidade das ondas em cordas

A relação de Taylor foi introduzida por esse estudioso para fornecer-nos uma fórmula específica para o cálculo da velocidade das ondas em cordas tensas, ou seja, cordas submetidas à uma força de tração.

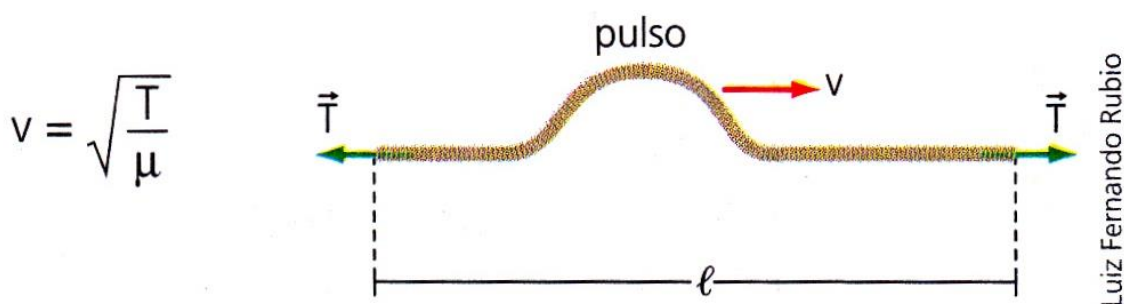


Essa fórmula envolve duas grandezas que são específicas de cada corda, portanto, ela só serve para o cálculo da velocidade de ondas em cordas, e não para todo tipo de onda.

Observe que as ondas em cordas são apenas um tipo de onda que temos na natureza, que está repleta de outros exemplos.

Vejamos então a relação de Taylor:

Imagine que você tenha uma corda tensa (submetida a uma força de tração) na forma da figura abaixo.



A velocidade da onda será dada pela fórmula acima, onde:

- T é a força de tração a qual está submetida a corda
- μ é a densidade linear de massa.

A densidade linear de massa é a razão entre a massa da corda e o respectivo comprimento da corda.

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

A unidade SI é o **kg/m**, uma vez que a massa é dada em **kg** e o comprimento da corda em **m**.

A fórmula acima costuma aparecer em toda prova que cobra velocidade de ondas em cordas, quando o edital prevê essa parte do conteúdo de ondas, saiba que ele está dizendo “vai cair uma de relação de Taylor”.

A demonstração da equação acima é um pouco complexa, e leva em conta o teorema do impulso e a segunda lei de Newton, assunto não abordado nesse curso, portanto, deixo a demonstração para uma pesquisa depois do seu concurso, não vá perder tempo com aquilo que não contribui para a sua aprovação. O ideal é saber resolver questões sobre o assunto e não a demonstração em si.

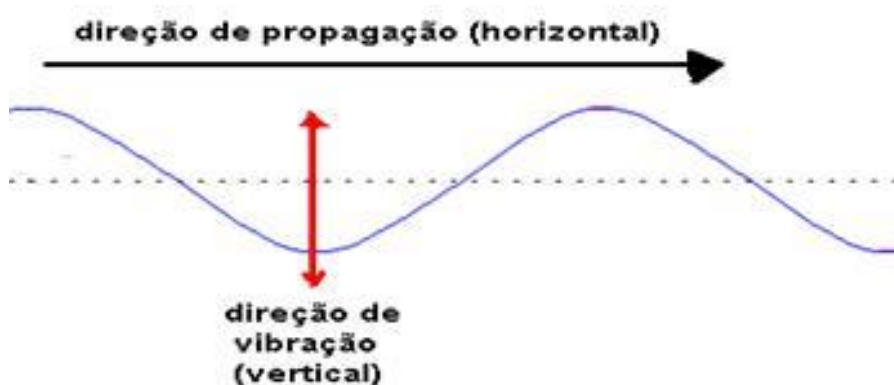
1.5 – Classificação das ondas em cordas

Vamos comentar agora sobre a classificação das ondas em cordas.

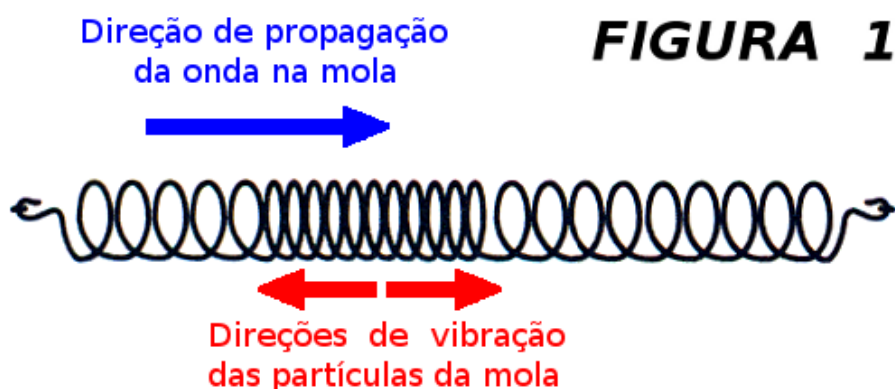
As ondas em cordas, como já dito antecipadamente, são ondas mecânicas, que se propagam em um meio material, que é justamente a própria corda.

Além disso, as ondas em cordas, quanto à direção de propagação e de vibração, as ondas em cordas são ditas transversais, ou seja, sua direção de vibração é perpendicular à direção de propagação.

Veja na figura abaixo a propagação da onda em corda e a direção de vibração.

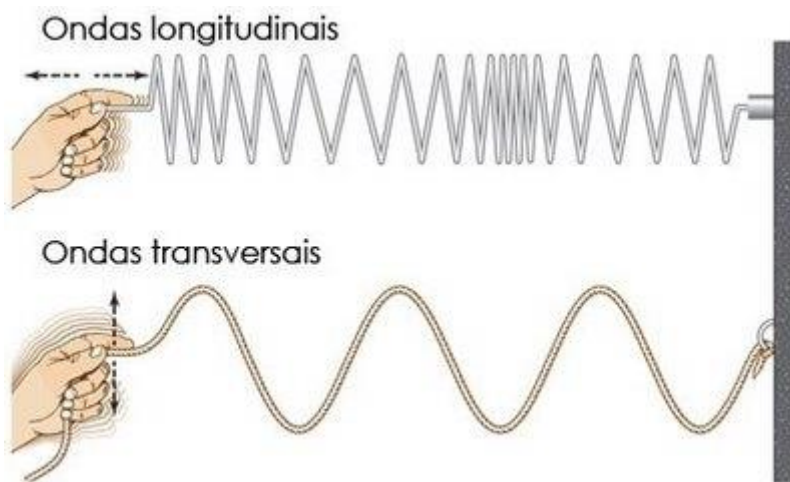


Outro tipo de classificação de onda quanto à direção de propagação é a longitudinal, em cuja direção de vibração é a mesma direção de propagação.



Veja que a vibração tem a mesma direção de propagação. O som é um bom exemplo de onda no dia a dia que é longitudinal.

Resumindo:



Além disso, as ondas em cordas também podem ser classificadas quando às dimensões de propagação.

Como a onda em uma corda só se propaga na própria dimensão da corda, ela é dita **unidimensional**.

Ainda existem as ondas **planas**, e **esféricas**, que são as ondas **bidimensionais** e **tridimensionais**.

Resumindo, as ondas em cordas são:

- **Transversais**
- **Mecânicas**
- **Unidimensionais**

Essa classificação pode ser abordada em uma prova sem o menor problema, por meio de uma questão teórica.

1.6 – Energia transmitida pelas ondas



Esse ponto é muito rápido, afinal de contas não devem ser cobradas fórmulas matemáticas, muito menos algo mais aprofundado acerca desse tema.

Aqui o que você deve ter em mente primeiramente é o fato de que a energia nas ondas em cordas é transmitida pela fonte, que vibra em movimentos verticais, perpendiculares à direção de propagação.

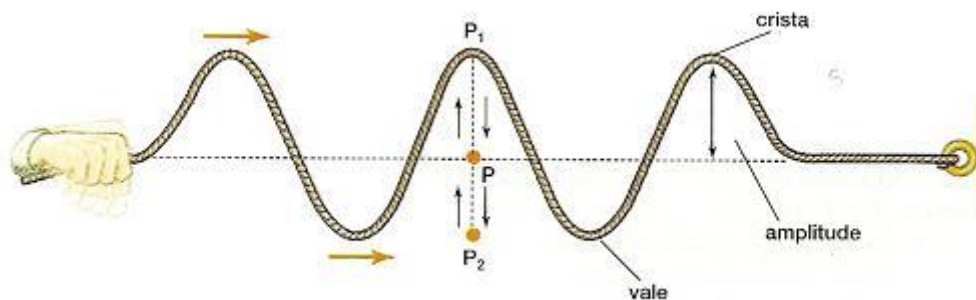
O que ocorre na onda é justamente o transporte de energia para todos os pontos da corda. Em uma situação ideal, poderíamos dizer que uma onda transmite energia para todos os pontos de forma igual, ou seja, a mesma energia é propagada para todos os pontos da corda. Lembre-se de que apenas energia é transportada pela onda a matéria (partículas da corda) apenas sofrem vibração vertical.

Pois bem, para entender um pouco mais sobre a energia vamos apenas dizer que ela é proporcional à amplitude da onda, aquela que você aprendeu nos itens anteriores. À amplitude está ligada a intensidade, que, por sua vez, está ligada à energia transportada.

$$E \propto A^2$$

Vamos perceber a veracidade dessa observação através de um exemplo.

Imagine que você está segurando uma corda e provocando uma sucessão de pulsos que se torna uma onda, na forma da figura abaixo.



A energia transmitida para os pontos da corda é do tipo potencial gravitacional, ou seja, a energia sai do alimento que você consumiu, que serviu para movimentar a sua mão em movimentos periódicos verticais para cima e para baixo, que acabou transmitindo-se para o meio (corda) servindo para levantar os pontos da corda.

Essa energia que serve para levantar um ponto de uma corda é do tipo potencial gravitacional, ou seja, a energia transmitida pela mão serve para elevar os pontos da corda à certa altura (amplitude), e se quisermos aumentar essa amplitude, devemos aumentar a energia da onda, vibrando com mais energia, fazendo com que a amplitude aumente. Viu como a energia está ligada à amplitude da onda.

Nessa mesma toada, podemos afirmar que a energia da onda também depende da frequência dela, ou seja, se precisarmos de uma frequência maior, devemos fornecer mais energia à onda, fazendo com que ela vibre mais, completando mais ciclos no mesmo intervalo de tempo.

$$E \propto f^2$$

Resumindo, a energia de uma onda em uma corda está ligada à amplitude e à frequência da onda.

Sei que é muito difícil cair em uma prova a fórmula para o cálculo da energia associada a uma onda em uma corda, no entanto, prefiro errar por excesso a errar por falta.

Em livros de ensino superior é possível verificar uma fórmula bem complexa, cuja demonstração foge aos objetivos desse curso, que é dada por:

$$\Delta E_{\text{média}} = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \omega^2 A^2 \cdot \Delta x$$

Cabe a nós identificar cada uma dessas variáveis.

- μ é a densidade linear de massa da corda, ou seja, a quantidade de massa dividida pelo comprimento da corda.
- ω é a pulsação, a frequência angular, e você já sabe como calcular, lembre-se das relações que essa grandeza tem com a frequência e com o período.
- “A” é a amplitude da onda, fácil de perceber.
- Δx é a variação da posição da onda, como se fosse o espaço percorrido pela onda. Perceba que ao percorrer um espaço qualquer, a onda precisa variar a energia, para que os pontos seguintes sofram movimentos verticais, atingindo as cristas e os vales.

Bom, essa parte de energia está muito bem explicada, eu acredito, você vai ter muito sucesso se cair uma questão sobre esse assunto em sua prova, e se cair a fórmula acima, tenho certeza que apenas você vai garantir a questão, pois acho muito difícil esse tema ser abordado com essa riqueza de detalhes.

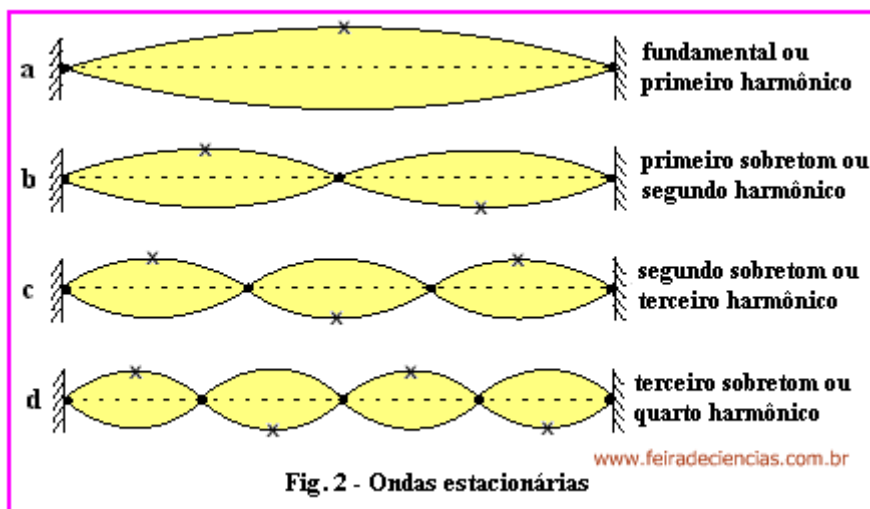
Parabéns por ter adquirido o curso e estar estudando pelo melhor material de Física do mercado editorial para concursos.

1.7 – Ondas estacionárias

Nesse ponto vamos ter fórmulas matemáticas para memorizar e devemos saber aplicá-las ao caso concreto, ou seja, aos problemas que serão abordados em sua prova.

Ondas estacionárias, são ondas que se formam a partir da interferência das ondas que se propagam em uma corda em sentidos contrários. Veja na figura abaixo.





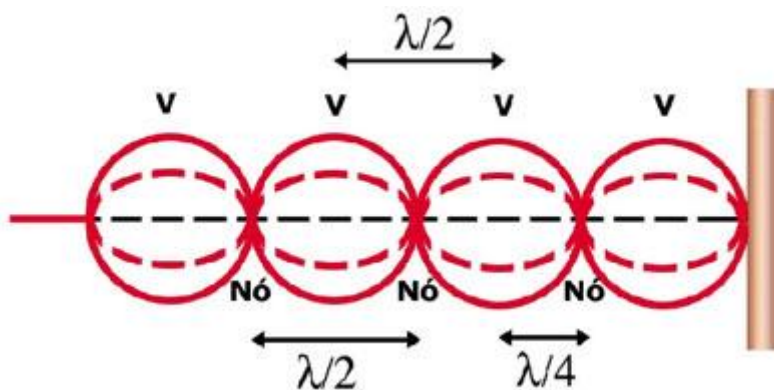
A amplitude será a amplitude de cada uma das ondas, nesse ponto é importante você se ligar, muita gente pensa que não haverá amplitude resultante, pois, as ondas interferem em sentidos contrários.

Mas não caia em cascas de banana, a amplitude da onda estacionária resultante é a amplitude de cada uma das ondas interferentes.

Na figura acima, você viu que as ondas estacionárias aparecem em harmônicos e cada um deles tem a sua particularidade.

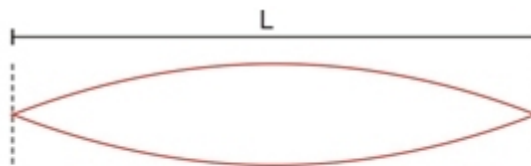
Antes disso você precisa saber o que é um nodo e um antinodo, é simples, um nodo ou ponto nodal é o ponto representado pela bolinha preta na figura acima, por outro lado, os antinodos ou pontos antinodais (conhecidos como pontos ventrais) são aqueles representados pelos pontos que são cristas ou vales, representados pelos "x" na figura acima.

A figura abaixo resume as ideias vistas acima:



Identificados os pontos e características ligadas às ondas estacionárias, vamos verificar como conhecer a fórmula da frequência de vibração da corda vibrante.

Bom, o primeiro ponto que vamos analisar é o primeiro harmônico que não possui nenhum nodo intermediário.

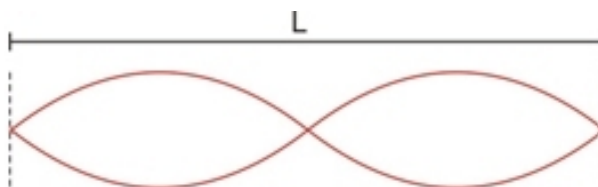


$$\lambda_1 = 2L, \quad f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{2L}$$

Note que o comprimento da corda é idêntico à metade do comprimento de onda.

$$\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2.L$$
$$f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{1.V}{2.L}$$

Para o segundo harmônico:



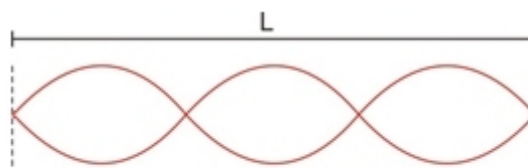
$$\lambda_2 = L = \frac{2L}{2}, \quad f_2 = \frac{V}{\lambda_2} = \frac{2V}{2L} = \frac{V}{L}$$

Note que ao introduzirmos um nodo intermediário, o comprimento do fio ficou idêntico ao comprimento de onda da onda.

$$\lambda = L \Rightarrow \lambda = L$$
$$f_2 = \frac{V}{\lambda} = \frac{2.V}{2.L}$$



Para o terceiro harmônico:



$$\lambda_3 = \frac{2L}{3}, \quad f_3 = \frac{3V}{2L}$$

Note que no terceiro harmônico temos a presença de 2 nós intermediários.

$$\frac{3\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = \frac{2.L}{3}$$
$$f_3 = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{\frac{2.L}{3}} = \frac{3.V}{2.L}$$

Agora, acredito que você já notou um certo padrão de acordo com o número do harmônico.

Podemos, portanto, generalizar a fórmula para:



$$f_n = \frac{n.V}{2.L}$$

Onde,

- f_n é a frequência da onda
- n é o número do harmônico
- L é o comprimento da corda
- V é a velocidade da onda na corda



Essa fórmula é muito comum em provas, ela costuma aparecer misturada com outras fórmulas que você está aprendendo nesta aula.

2 - Ondas sonoras

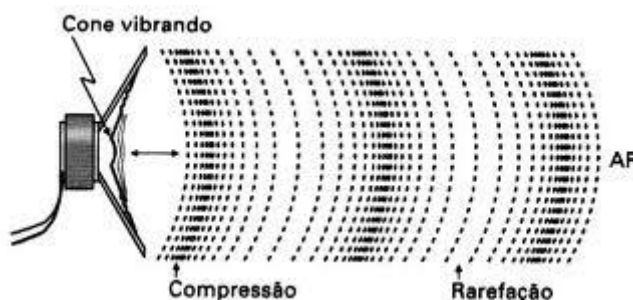
2.1 – Conceito

As ondas sonoras são ondas mecânicas que são formadas a partir de perturbações mecânicas em sistemas materiais.

A onda sonora necessita de um meio material para se propagar, ela se propaga no ar, que é um gás, mas também pode se propagar em um líquido como a água ou até em um sólido como o ferro a temperatura ambiente.

A definição de onda sonora dada por mim então pode ser assim resumida:

“Uma onda sonora é uma perturbação mecânica longitudinal, em um meio material, formada pela compressão e rarefação de regiões desse meio.”



A figura acima mostra as duas regiões do meio sujeito a propagação de uma onda sonora.

Essas ondas também são **longitudinais**, ou seja, a direção de propagação da onda é a mesma direção da vibração.

As ondas sonoras, pelo motivo acima, não podem sofrer o fenômeno da difração, que não será, portanto, estudado por nós aqui nessa aula.

As ondas sonoras, são classificadas da seguinte forma:

- **Infrassom**
- **Som**

- **Ultrassom**

O que vai definir se uma onda sonora é som, infrassom ou ultrassom é a frequência de vibração dessa onda.

Acompanhe o quadro abaixo no qual podemos verificar as regiões onde temos cada uma das classificações acima.



A tabela mostra que um infrassom tem frequência abaixo de 20Hz, enquanto um ultrassom tem frequência maior que 20.000Hz, para o ser humano.

A figura também mostra que dependendo do aparelho auditivo, temos faixas de variação diferentes.

Entendido o conceito de onda sonora e a diferença entre som, infrassom e ultrassom, vamos verificar a relação fundamental da ondulatória para o som.

2.2 – Qualidades do som

O som possui algumas características fundamentais que são conhecidas como qualidade sonoras, estamos falando de altura, intensidade e timbre.

Vamos estudar separadamente cada uma dessas características.

2.2.1 – Altura

Altura de um som, bem diferentemente do que você pensa não está associada ao volume do seu aparelho de som. Altura está relacionada à frequência do som.

- **Som alto: som agudo, frequência alta**
- **Som baixo: som grave, frequência baixa**



As mulheres, portanto, falam alto, enquanto os homens em geral falam baixo.

A frequência de um som é uma característica muito importante. Quem é músico sabe que a acústica explica muitos fenômenos da música.

2.2.2 – Intensidade

Aqui aparecerão algumas fórmulas básicas que eu acredito que não cairão na prova de vocês, mas colocarei nesse ponto, por acreditar que podem cair, e se caírem você cravará mais um ponto na sua caminhada rumo à vaga.

A intensidade sim está associada ao volume do seu aparelho de som.

Quando você diz: “aumenta o som aí que eu quero ouvir daqui de longe!”.

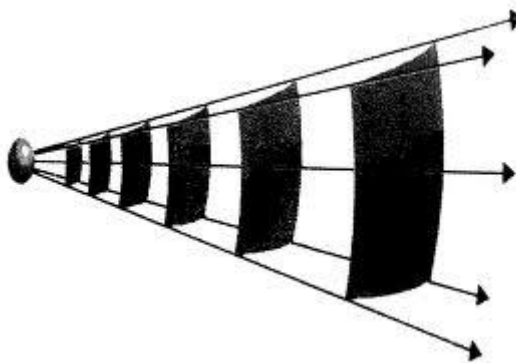
Você na verdade está pedindo para aumentar a intensidade do som que está saindo de alguma fonte sonora.

A intensidade possui uma fórmula, que é a seguinte:

$$I = \frac{Pot}{Área} = \frac{Pot}{4.\pi.R^2}$$

A unidade de intensidade é o W/m^2 .

Aqui estamos levando em conta que a onda sonora é tridimensional e a área da superfície formada pela frente de onda é uma superfície esférica.





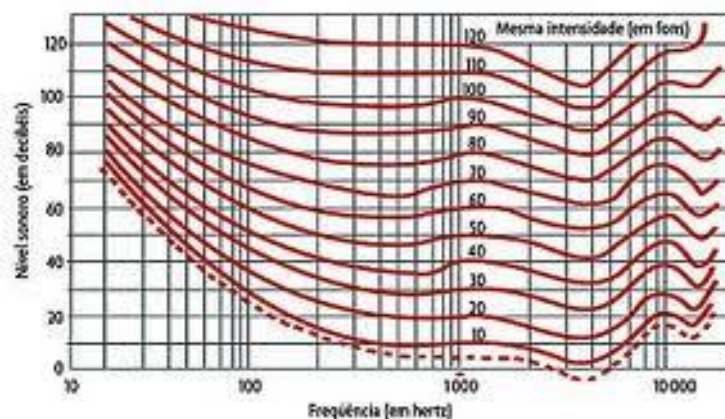
A intensidade está ligada diretamente à amplitude da onda, ou seja, uma onda muito intensa é uma onda com grande amplitude.

OBS.: Nível de intensidade sonora.

Na prática, acabamos não trabalhando com a intensidade propriamente dita, trabalharemos com outra grandeza que é o nível de intensidade sonora, representado pela letra N.

Existe uma intensidade mínima de audibilidade chamada de limiar de audibilidade, trata-se de uma intensidade mínima, abaixo da qual não se pode ouvir nenhum som. Esse limiar depende da frequência do som ele tem um valor mínimo para frequências na região entre 1.000 e 10.000Hz.

A curva abaixo mostra a intensidade do som no limiar de audibilidade para diferentes frequências.



Mas o nível de intensidade sonora não é idêntico à intensidade, existe uma fórmula matemática que o relaciona com a intensidade propriamente dita.

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$



Onde I_0 é a intensidade mínima, no limiar de audibilidade.

A Unidade do nível de intensidade sonora é o dB (decibel).

O nível de intensidade sonora é uma forma de trabalhar a intensidade de forma mais cômoda, uma vez que os valores de intensidade são muito pequenos.

Para ilustrar, veja a tabela abaixo onde constam alguns níveis sonoros de alguns sons emitidos no dia a dia.



2.2.3 – Timbre

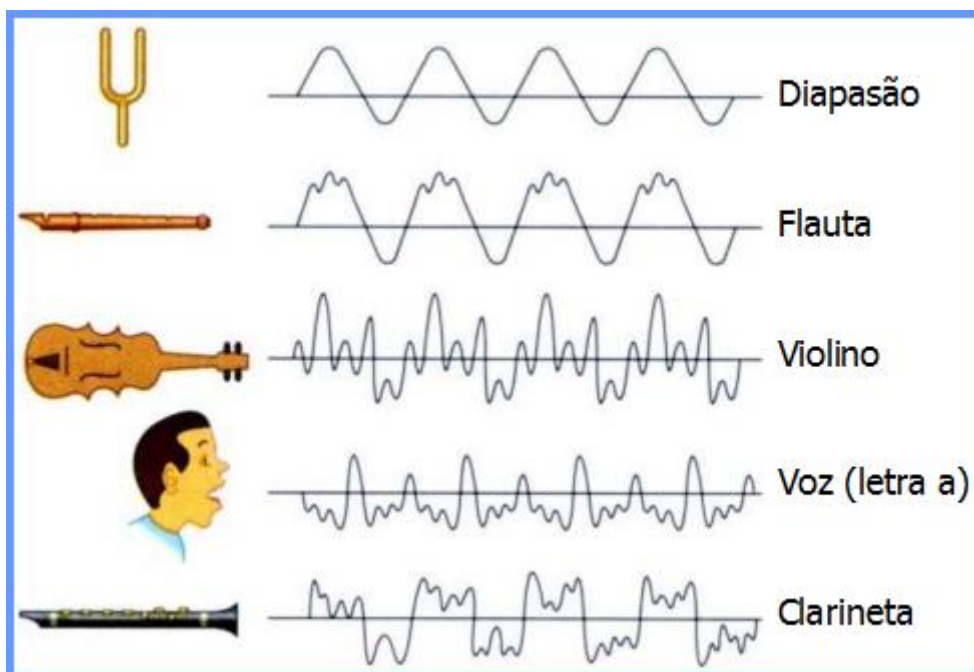
A última qualidade do som a ser estudada por nós nessa aula chama-se timbre, e ele está ligado aos harmônicos de um instrumento.

Você já deve ter percebido que uma nota “Lá” emitida em um violão é bem diferente da mesma nota emitida em um piano.

Isso acontece porque o piano possui seus harmônicos, assim como o violão, são características do próprio instrumento que permitem diferenciar dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitidos por dois instrumentos diferentes.

Na sua prova o que pode cair relacionado a timbre é o conceito puro, por isso não precisamos de mais delongas nesse ponto.





Acima você nota que um som de mesma frequência (a onda se repete sempre no mesmo intervalo de tempo), possui formas bem diferentes, que caracterizam o som particular de cada instrumento.

2.3 – Equação fundamental

A equação fundamental da ondulatória é uma equação matemática que relaciona três características fundamentais de qualquer onda (velocidade, comprimento de onda e frequência), e por isso também vale para as ondas sonoras.

Vamos demonstrar essa equação a partir da definição de período e de comprimento de onda, que nada mais é do que o espaço percorrido por uma onda em um intervalo de tempo igual ao intervalo de uma oscilação.

Assim, a velocidade de propagação a onde será dada por:



$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$
$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \frac{1}{T}$$
$$V = \lambda \cdot f$$



A relação acima é conhecida como equação fundamental da ondulatória e serve para todo e qualquer tipo de onda, inclusive para as sonoras.

Especificamente da velocidade de uma onda sonora, podemos dizer que ela depende das características do meio em questão.

Inclusive, podemos dizer que a velocidade do som segue a ordem crescente abaixo, dependendo do estado físico do meio de propagação:



$$V_{som_{gás}} < V_{som_{liq}} < V_{som_{sól.}}$$

2.4 – Fenômenos ondulatórios do som

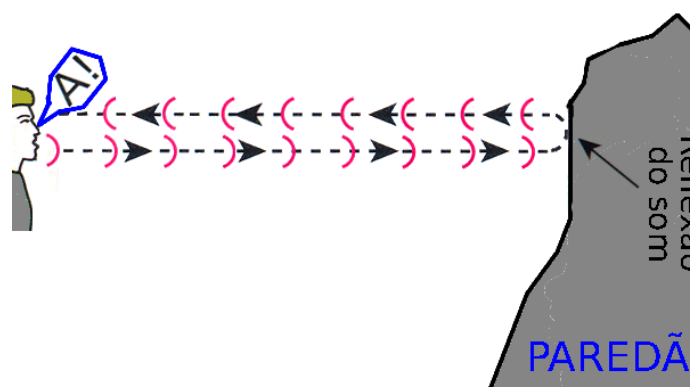
O som sofre vários fenômenos ondulatórios, assim como várias ondas sofrem.

Vamos estudar alguns desses fenômenos, que são fundamentais para a sua prova.

2.4.1 – Reflexão

A reflexão das ondas sonoras é um fenômeno que acontece quando a onda que se propaga em um meio homogêneo atinge uma superfície chamada de superfície refletora e volta a se propagar no mesmo meio com as mesmas propriedades.

Um fenômeno muito importante decorrente da reflexão é o eco e a reverberação.



Mas antes de falar de eco e reverberação, vamos entender o que é a persistência acústica.

A persistência acústica é um intervalo de tempo no qual um som permanece em nosso sistema auditivo, ou seja, durante aquele tempo o som ainda está sendo percebido pelo aparelho auditivo.

Esse intervalo de tempo varia de ser humano para ser humano, mas podemos aproximar um valor médio igual a 0,1s.

Assim, podemos organizar da seguinte forma:



- Se o intervalo de tempo gasto no trajeto de ida e volta for **maior** que 0,1s teremos o fenômeno chamado **Eco**. O observador ouve separadamente o som direto e o som refletido.
- Se o intervalo de tempo gasto for **menor** que o de persistência acústica, 0,1s, haverá um prolongamento da sensação auditiva, ocorrendo o fenômeno da **reverberação**.
- **Reforço sonoro**: ocorre quando $\Delta t \cong 0s$. Há somente um aumento da intensidade sonora.

2.4.2 – Refração

Na refração, ao contrário da reflexão, a onda passa a se propagar em outro meio. Assim, teremos dois meios diferentes de propagação da onda sonora, cada um com características distintas.

Se o meio vai mudar, a velocidade da onda também vai mudar, já que é uma função característica do meio de propagação.

A frequência é uma grandeza que não muda independentemente do fenômeno que ocorra, pois é uma característica da fonte das ondas.

Assim, podemos dizer que, se a frequência se mantém constante,



$$f = \frac{V_1}{\lambda_1} \text{ e } f = \frac{V_2}{\lambda_2}$$

Logo,

$$\frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2}$$

Vamos definir agora uma outra grandeza que é o índice de refração de um meio, essa grandeza traduz a dificuldade que um meio oferece para a propagação da onda nele.

Por definição podemos dizer que o índice de refração é a razão entre as velocidades de propagação no vácuo e no meio em questão.

$$n = \frac{C}{V}$$

O índice de refração acima é chamado de índice de refração absoluto, enquanto o índice relativo é a razão entre dois índices absolutos. Assim, podemos dizer que:



$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{C}{V_1}}{\frac{C}{V_2}} = \frac{V_2}{V_1}$$

Assim, podemos substituir a relação acima na primeira equação da refração:



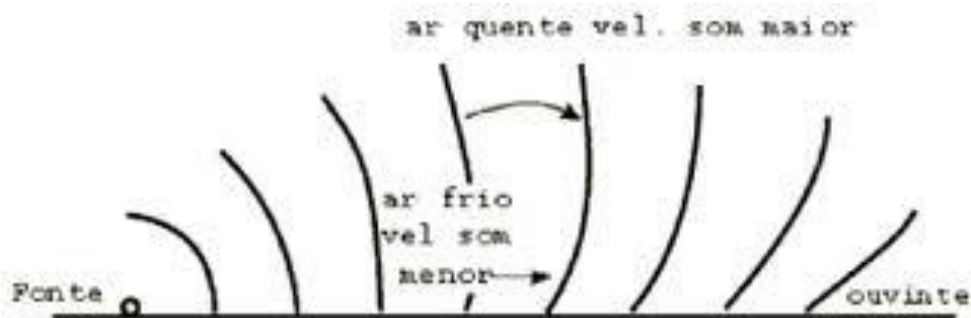
ATENÇÃO
DECORE!



$$\frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2}$$
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Todas essas fórmulas são importantes no estudo da refração do som, mas o conceito, que afirma que é um fenômeno no qual uma onda incide em uma região e depois passa a se propagar em outra é fundamental.

Para mudar de meio de propagação, basta qualquer mudança nas características físicas do meio como, por exemplo, a mudança de temperatura. Na figura abaixo você nota que uma onda sonora passando de um meio de menor temperatura para um outro de maior temperatura.



2.4.3 – Difração

A difração é um fenômeno muito comum de ocorrer com o som. A onda sonora pode ser difratada ao passar por um obstáculo.

Quando uma pessoa grita de um lado do muro e a outra pessoa recebe essa vibração sonora do outro lado, é porque o som contornou o muro para chegar ao ouvido do receptor.



A esse fenômeno dá-se o nome de difração.

A difração é, portanto, o fenômeno que ocorre com o som quando ele contorna um obstáculo ou passa por um orifício.



O Zé Luís aí da figura acima consegue ouvir o grito de sua mãe por conta da difração. Se não fosse esse fenômeno o Zé Luís certamente pegaria um resfriado.

2.4.4 – Ressonância

Já comentamos um pouco sobre ressonância nos itens anteriores, vamos fazer uma breve revisão aqui.

A ressonância é o fenômeno que ocorre quando um sistema vibratório atinge a mesma frequência de vibração de outro, quando isso acontece dizemos que eles entraram em ressonância.

Para que ela aconteça, é necessário que ambos os sistemas possuam a mesma frequência.

Um bom exemplo de ressonância do som são os tubos sonoros, que vamos detalhar mais adiante, mas que são apenas tubos nos quais o ar dentro deles pode ressoar, isto é entrar em ressonância com a vibração externa.

A maioria dos instrumentos de sopro funcionam dessa forma, baseados nesse fenômeno.

2.4.5 – Batimento

O batimento ocorre quando duas ondas de frequência próximas soam conjuntamente. Nesse caso a onda resultante terá duas frequências importantes.

a) Frequência da onda resultante

$$f_{RES} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

a) Frequência de batimento

$$f_{Bat} = |f_1 - f_2|$$

Ressalto que para haver o fenômeno as frequências das ondas devem diferir de no máximo de 15Hz, pois a partir desse valor o ouvido passa a não distinguir mais o batimento.

2.4.6 – Interferência

Esse fenômeno resulta do princípio da superposição das ondas. Quando duas ondas se propagam em uma mesma região, elas podem interferir, isto é superpor-se uma sobre a outra fazendo com que naquela região surjam pontos de máxima intensidade e mínima intensidade.

Os pontos de máxima intensidade são chamados de pontos de interferência construtiva, aqui teremos um reforço na intensidade, pois elas vão se somar.

Por outro lado, os pontos de mínima intensidade são chamados de pontos de interferência destrutiva, aqui teremos uma anulação na intensidade, pois elas vão se subtrair.

Para que duas ondas sonoras interfiram elas devem ter as mesmas características, ou seja, a mesma frequência, o mesmo comprimento de onda e a mesma amplitude, e é por isso que fica difícil de perceber esse fenômeno em nosso dia a dia.

Bom, os fenômenos acima são os principais fenômenos ondulatórios que ocorrem com as ondas sonoras. Não falamos aqui da polarização, pois as ondas sonoras não podem ser polarizadas, uma vez que são ondas longitudinais e apenas ondas transversais como, por exemplo, a luz pode ser polarizada.

2.5 – Efeito Doppler

Chegamos a um ponto chave em nossa aula, acredito que existe muita probabilidade de cair uma questão versando sobre esse assunto na sua prova.

O Efeito Doppler é decorrente do movimento relativo entre a fonte e o observador das ondas sonoras.

Veja os exemplos abaixo:

Exemplo 1:

Quando você está parado em uma avenida e um carro, também parado, emite um som de uma buzina, você percebe claramente aquele som.



Agora imagine que o carro começou a mover-se na sua direção, aproximando-se de você.

Nesse caso, o som emitido pela buzina muda a sua frequência, pois o comprimento de onda da onda sonora está diminuindo, fazendo com que naquele mesmo intervalo de tempo cheguem mais ondas no seu ouvido, aumentando assim a frequência do som percebido.

A frequência percebida pelo observador é maior que a frequência natural, ou seja, o som é mais agudo.

É como se as ondas sonoras estivessem sendo empurradas para o ouvido do receptor.



Vamos agora para um segundo caso, em que a fonte se afasta do observador.

Exemplo 2:

Quando a fonte se afasta do observador o comprimento de onda percebido por este aumenta, fazendo com que menos ondas cheguem ao ouvido do receptor no mesmo intervalo de tempo que chegavam antes do movimento, o que gera uma diferença na frequência, nesse caso o som fica mais grave, pois a frequência diminui.



Nos próximos exemplos, vamos manter a fonte em repouso e movimentar o receptor.

Exemplo 3:

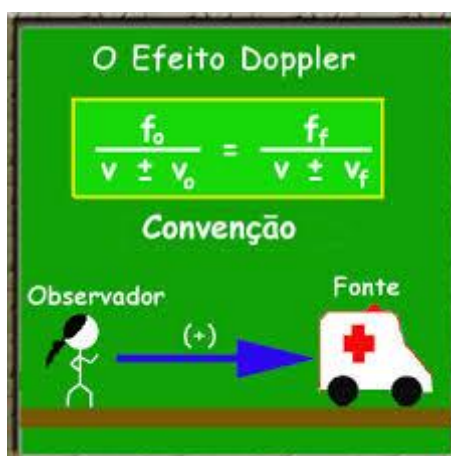
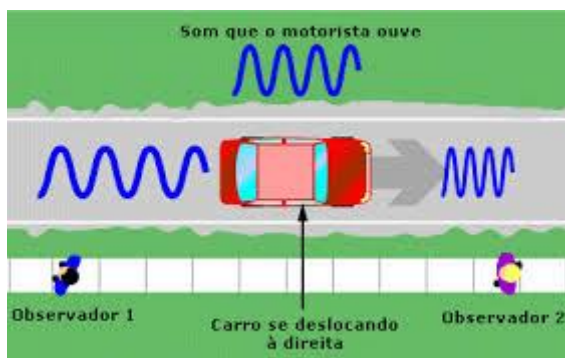
Quando a fonte se mantém em repouso e o receptor movimenta-se indo ao encontro da fonte, o comprimento de onda da onda permanece o mesmo, no entanto, o observador recebe mais ondas no mesmo intervalo de tempo, pois tem seu movimento aproximando-se da fonte, fazendo com que mais ondas cheguem ao seu ouvido.

Exemplo 4:

Quando o observador se afasta da fonte ocorre o contrário, pois ao se afastar o observador está fazendo com que menos ondas cheguem ao seu ouvido diminuindo assim a frequência do som recebido.

Matematicamente, existe uma fórmula matemática reunindo todas essas observações que foram feitas a respeito da frequência, para que você possa calcular a frequência do som recebido qualquer que seja a situação de movimento relativo entre fonte e observador.

A fórmula é mostrada a seguir:



Observe que existe uma convenção de sinais, exatamente para que você decida qual sinal escolher quando for aplicar a fórmula.

Resumindo:

- Movimento de aproximação entre fonte e observador:

$$f_{recebida} > f_{emitida}$$

- Movimento de afastamento entre a fonte e observador:

$$f_{recebida} < f_{emitida}$$

O Efeito Doppler também ocorre com ondas eletromagnéticas, é justamente esse fenômeno que explica o funcionamento dos radares móveis que irão parar nas mãos de vocês após assumirem na **PRF**. Vamos dar os detalhes do funcionamento do radar móvel quando estivermos falando sobre as ondas eletromagnéticas.

OBS.: O que você acha que acontece quando observador e fonte movimentam-se com a mesma velocidade, na mesma direção e no mesmo sentido?

Não vai ocorrer Efeito Doppler, pois não haverá movimento relativo entre o observador e a fonte. Não chegarão mais ondas, nem menos ondas e nem o comprimento de onda da onda será alterado pelo movimento da fonte. Assim a frequência percebida pelo observador será idêntica à frequência natural do som. É como se ambos estivessem em repouso, mas se considerarmos um em relação ao outro é isso que está acontecendo.

3 - Frequências naturais e ressonância

Já falamos um pouco sobre ressonância e frequências naturais nos tópicos acima, no entanto, vamos retomar e concentrar todos os conceitos nesse ponto.

Todo sistema físico possui uma vibração natural, uma frequência relativa a essa vibração natural chama-se frequência natural do sistema.

Por exemplo, um sistema massa mola ideal, possui uma frequência de vibração dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Essa frequência é simples de compreender, pois sabemos que se trata de um sistema muito comum que vibra em MHS.



Entretanto, se estivermos trabalhando com um sistema complexo, a determinação da frequência natural de vibração pode se tornar uma tarefa bem complicada e dependente de vários experimentos para a conclusão final.

A Ressonância, como visto anteriormente, é um fenômeno que ocorre quando um agente externo vibra com a mesma frequência natural de vibração do sistema vibrante.

Essa vibração na mesma frequência ocasiona um aumento de amplitude que pode colapsar o sistema, como alguns afirmam que ocorreu com a famosa ponte Tacoma Narrows, nos Estados Unidos, que rompeu por conta da ressonância dos ventos que atingiram sua estrutura.

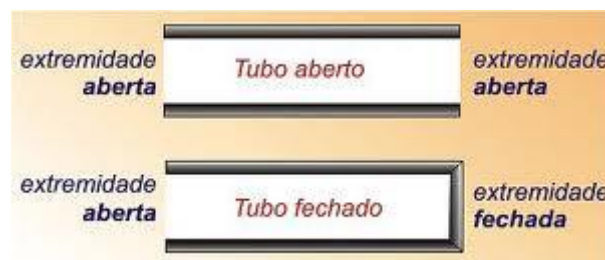
É por conta da ressonância também que uma taça de cristal pode ser quebrada no grito. A frequência da voz de quem está gritando próximo à taça pode atingir o valor da vibração do sistema de moléculas que forma o vidro da taça, podendo assim entrar em ressonância com o som do grito.

Quando isso ocorre, há um aumento de amplitude de vibração do sistema física que pode levar ao rompimento do sistema, por isso a taça quebra.

3.1 – Tubos Sonoros

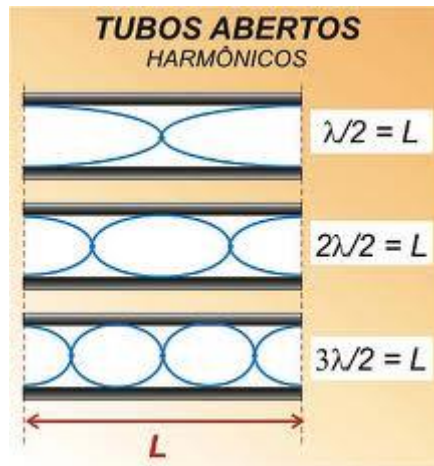
Um sistema muito importante de ressonância é o tubo sonoro. Nesse sistema físico o ar que há dentro de um tubo entra em ressonância com a vibração externa formando assim um sistema chamado tubo sonoro.

O tubo pode ser considerado aberto nas duas extremidades ou aberto em uma extremidade e fechado em outra. Para simplificar, vamos chamar de apenas de tubo aberto o que for aberto nas duas extremidades e tubo fechado o que tiver uma extremidade fechada.



3.1.1 – Tubo aberto

O tubo aberto possui as duas extremidades abertas, da seguinte forma:



Acima estão representados os três primeiros harmônicos de vibração. Lembrando que o tubo aberto somente pode vibrar na forma acima, por conta da ressonância, podemos dizer que essas são as formas ressonantes de vibração do tubo aberto.

Aplicando a equação fundamental, podemos deduzir a fórmula para o cálculo das frequências dos harmônicos.



$$f = \frac{N \cdot V}{2 \cdot L}$$

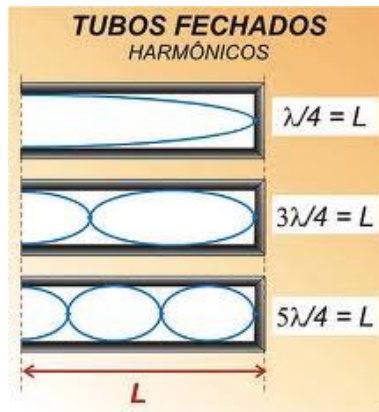
Onde,

- N é o número do harmônico
- V é a velocidade da onda sonora
- L é o comprimento do tubo

3.1.2 – Tubo Fechado

O tubo fechado difere do tubo aberto, pois não apresenta os harmônicos de vibração pares, apenas os ímpares, seus modos de vibração são os mostrados na figura abaixo:





A fórmula para a determinação das frequências de cada harmônico é dada pela seguinte fórmula:



$$f = \frac{N \cdot V}{4 \cdot L}$$

Onde,

- N é o número do harmônico
- V é a velocidade da onda sonora
- L é o comprimento do tubo

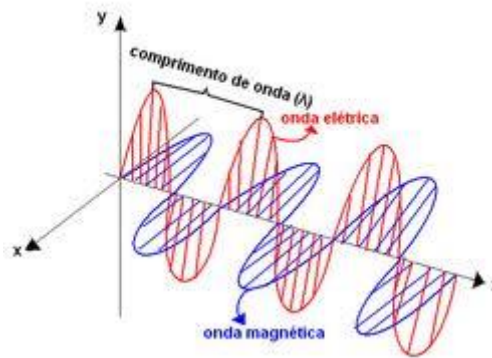
4 - Ondas Eletromagnéticas

Chegamos a um ponto importante da nossa aula, pois as ondas eletromagnéticas estão presentes em nosso dia a dia com muita frequência.

Ondas de rádio, de TV, Microondas, raios X e a própria luz são exemplos de ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas são produzidas pela vibração de dois campos, um elétrico e outro magnético, perpendiculares entre si.





As ondas eletromagnéticas são o outro tipo de onda, fazem oposição às ondas mecânicas, que necessitam de um meio material para a propagação. As ondas eletromagnéticas são ondas que podem se propagar no vácuo.

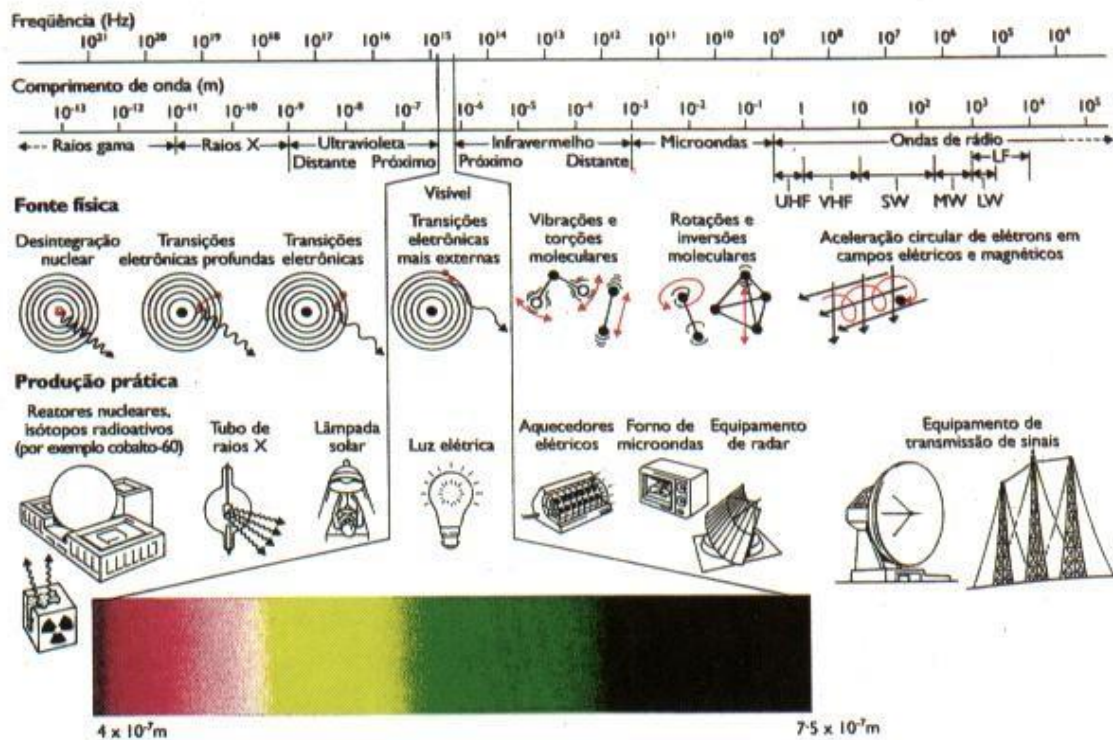
São ondas transversais, pois a direção da oscilação é perpendicular à direção propagação.

Um fato muito importante das ondas eletromagnéticas é que todas elas se propagam com a mesma velocidade no vácuo, que é a velocidade da luz no vácuo.

$$V = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m / s}$$

Ou seja, a velocidade das ondas eletromagnéticas é sempre a mesma, quaisquer que sejam a onda.

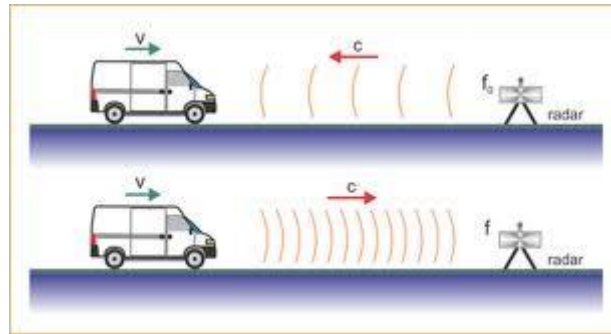
As ondas eletromagnéticas mais comuns forma o que chamamos de espectro eletromagnético.



Observe que o comprimento de onda e a frequência são inversamente proporcionais, pois o seu produto é constante e igual à velocidade da luz no vácuo.

Um equipamento muito importante, que funciona com base na propagação das ondas eletromagnéticas e no efeito Doppler é o radar móvel, equipamento muito importante para os futuros PRF's, pois ajuda na apuração de infrações e no cálculo de velocidades de veículos.





O radar funciona emitindo uma onda eletromagnética (microonda) com frequência f_0 , que é refletida pelo veículo em aproximação, sendo recebida pelo equipamento, que funciona também como um receptor, com outra frequência f . Assim, de acordo com essa diferença de frequências, o equipamento calcula a velocidade do veículo por meio da seguinte fórmula matemática:

$$\Delta f = \frac{2V}{c} \cdot f_0$$
$$V = \frac{\Delta f}{f_0} \cdot c$$

É importante memorizar essa fórmula, pois ela pode ser muito bem contextualizada envolvendo conhecimentos interdisciplinares com a legislação de trânsito.

Ademais, em relação às ondas eletromagnéticas, podemos dizer que elas sofrem os mesmos fenômenos que sofrem as ondas sonoras, adicionando-se àqueles a polarização.

A polarização é o fenômeno ondulatório no qual uma onda pode ser polarizada, ou seja, ela vai oscilar apenas em um plano de oscilação, que é o plano de polarização da luz.

Esse fenômeno não tem muita relevância para a nossa prova, por isso apenas o citei, para não pecar por falta.

5 - Interferência da luz

Bom, a interferência é um fenômeno que ocorre com a luz em determinadas condições, que passaremos a detalhar a partir de agora.

A interferência entre duas ondas luminosas ocorre quando elas são coerentes.



5.1 – Condições para interferência construtiva e destrutiva

Sejam duas fontes de ondas luminosas coerentes, ou seja, a diferença de fase entre as duas mantém-se constante com o tempo, propagando-se no mesmo meio, separadas de um ponto P pelas distâncias D_1 e D_2 .

Qualitativamente pode-se observar que dependendo da localização do ponto “P” obtêm-se uma intensidade maior ou menor que a intensidade das ondas primárias.

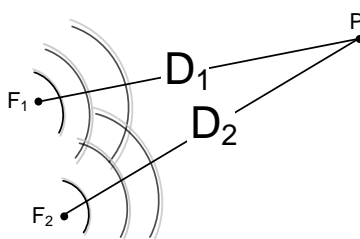


Figura – Duas fontes coerentes F_1 e F_2 separadas por uma distância D_1 e D_2 de um ponto P.



E por que isso acontece professor?

Isso se deve ao fenômeno da interferência que ora será construtiva e ora será destrutiva no ponto de observação P.

É importante lembrar que para que o fenômeno seja percebido é necessário que as **fontes sejam coerentes**, que as ondas tenham o mesmo comprimento de onda e frequência e a mesma amplitude e que a diferença de fase se mantenha constante.

Quando as ondas interferirem construtivamente, pelo princípio da superposição, as cristas de uma onda se somam com as cristas da outra assim como os respectivos vales, dessa forma a intensidade da onda resultante aumenta, pois a intensidade está diretamente atrelada à amplitude da onda resultante.

Caso a interferência seja destrutiva, baseado no mesmo princípio, as cristas de uma agora coincidirão com os vales da outra e sendo assim a intensidade da onda resultante diminui.



Ah! Agora eu entendi por que a intensidade diminui ou aumenta, é por causa da interferência. Mas e como saber se a interferência é construtiva ou destrutiva?

A resposta está justamente na diferença entre os dois caminhos percorridos pelas duas ondas e na fase das ondas. De acordo com a diferença $\Delta d = d_1 - d_2$ poderemos afirmar se as ondas ao chegarem ao ponto P estarão “crista com crista” (interferência construtiva) ou “crista com vale” (interferência destrutiva).

I. O primeiro caso a ser estudado será aquele em que as duas ondas estão inicialmente **em fase**, ou seja, “crista com crista” e “vale com vale”.

Como as ondas estão se propagando no mesmo meio, para que a interferência seja construtiva no ponto P, as ondas ao chegarem em P devem continuar em fase, ou seja, “crista com crista” e “vale com vale”.

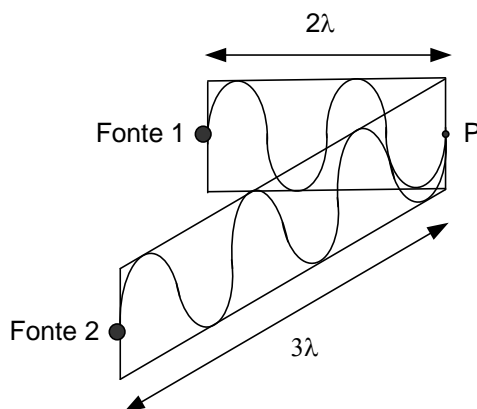


Figura - Duas ondas em fase interferindo construtivamente em P.



Então podemos escrever matematicamente que a diferença Δd deve conter um número inteiro de comprimentos de onda para que elas continuem em fase.

- **Interferência construtiva em P**

$$\Delta d = m\lambda$$

Onde m é um número inteiro $m = 0,1,2,3,4,5,6\dots$

Para que haja interferência destrutiva em P a diferença Δd deve ser igual a um número inteiro de comprimentos de onda somado com meio comprimento de onda ($\lambda/2$) para que assim resulte em “**crista com vale**” e “**vale com crista**”, interferindo destrutivamente.

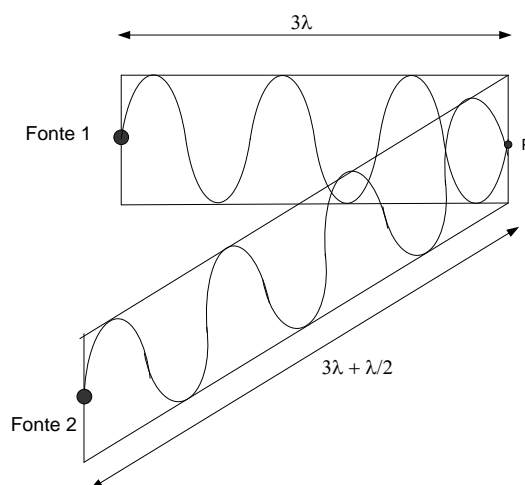


Figura 1.8 – Duas ondas em fase interferindo destrutivamente em P.

- **Interferência destrutiva em P**

$$\Delta d = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

Onde m é um número inteiro $m = 0,1,2,3,4,5,6\dots$

II. No segundo caso a ser estudado, as ondas estão **em oposição de fase**, isto é, “**crista com vale**” e “**vale com crista**”.



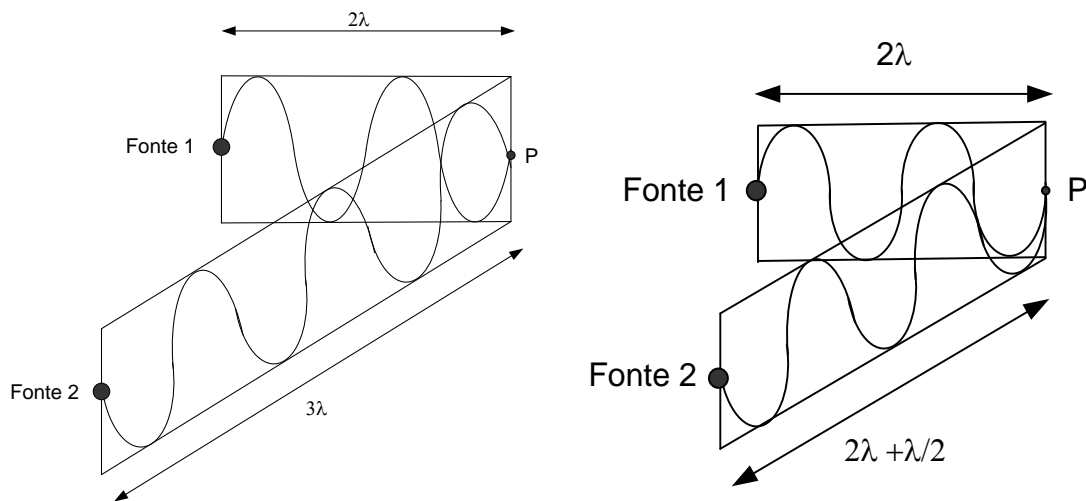


Figura – Ondas em oposição de fase ($\lambda/2$) interferindo construtiva e destrutivamente

Uma percepção básica nos leva a concluir que as condições para Δd e a interferência destrutiva ou construtiva invertem-se, já que agora para que elas interfiram destrutivamente a defasagem deve ser mantida ao passo que para que elas interfiram construtivamente a defasagem de meio comprimento de onda ($\lambda/2$) deve desaparecer.

Então,

- **Interferência construtiva em P**

$$\Delta d = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

Onde m é um número inteiro $m = 0,1,2,3,4,5,6\dots$

- **Interferência destrutiva em P**

$$\Delta d = m\lambda$$

onde m é um número inteiro $m = 0,1,2,3,4,5,6\dots$

Os resultados acima são utilizados para o caso de interferência entre duas ondas longitudinais, senoidais e coerentes de mesma frequência e amplitude, como exemplo desse tipo de onda podemos citar as ondas sonoras.



PROFESSOR, E CASO TENHAMOS ONDAS transversais, como a luz, é possível haver interferência?

E as condições para interferência construtiva e destrutiva são as mesmas?



O caso da luz é semelhante. Como a luz é uma onda eletromagnética transversal, isto é a direção de vibração é perpendicular à direção de propagação, devemos ter além das condições para interferência entre ondas longitudinais descritas acima, outra condição para assim podermos notar a interferência e também para que possamos utilizar as equações de interferência deduzidas.

Essa condição é o fato de que as ondas devem estar **polarizadas** em **planos de polarização paralelos**, ortogonais a direção de propagação, isto é, para que duas ondas transversais produzam interferência elas devem ter planos de polarização paralelos, assim as ondas estariam plano-polarizadas (o estudo da polarização será nas próximas páginas), dessa forma as ondas transversais podem produzir interferência construtiva ou destrutiva.

Outro detalhe a ser levado em conta é o fato de sempre utilizarmos uma **fonte de luz monocromática**, ou seja, uma fonte de luz que mantenha constante o seu comprimento de onda, bem como a sua frequência.

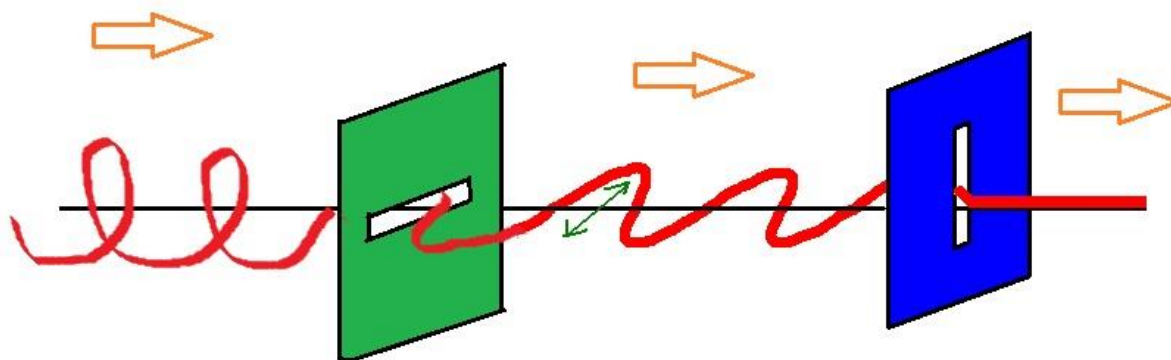
Um bom exemplo de onda luminosa que satisfaz a essas condições é a luz emitida por um **feixe laser comum**. A variação do comprimento de onda da luz emitida por um feixe laser é praticamente nula, podendo ser tratado sempre como uma fonte de luz monocromática.

6 - Polarização da Luz

Esse fenômeno é um fenômeno muito importante, que ocorre apenas com ondas transversais, ou seja, que vibram perpendicularmente à direção de propagação.

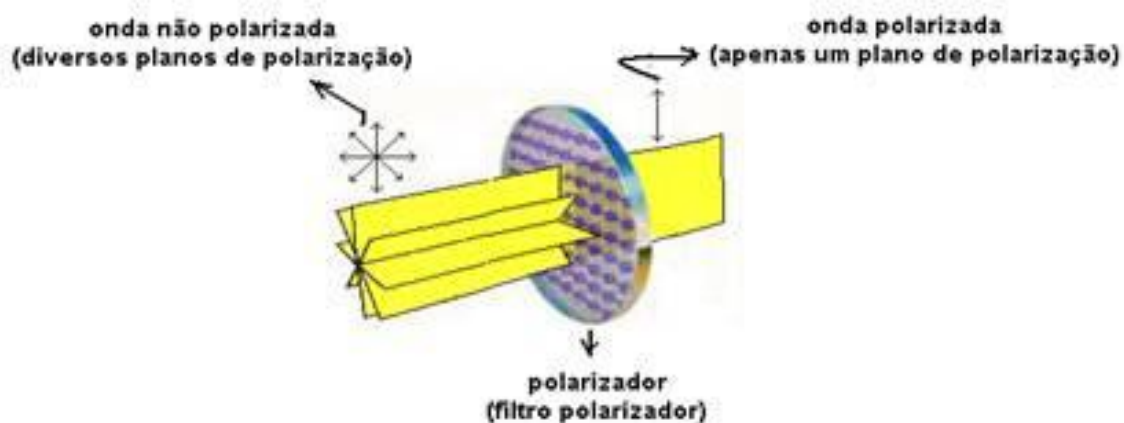
Abaixo veja um exemplo de onda que sofre polarização, propagando-se em uma corda.



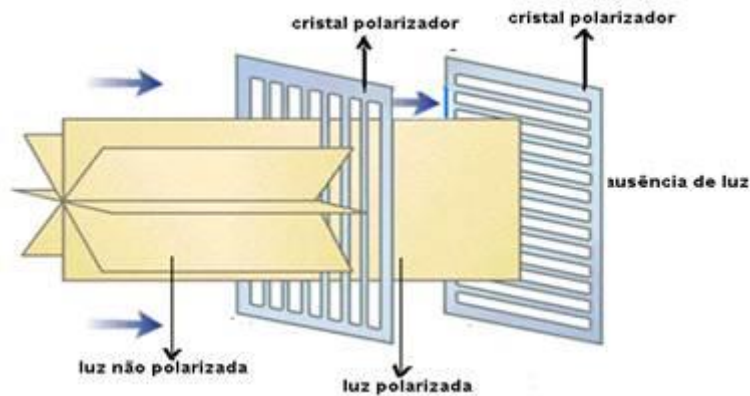


A primeira fenda a ser atravessada pela onda é horizontal, o que implica que ela permite apenas a vibração paralela a esse plano de polarização. A fenda verde é chamada de polarizador. Veja que após passar pelo polarizador horizontal, existe um polarizador vertical, o que implica que após o polarizador azul, não haverá propagação da onda.

A mesma coisa ocorre com a luz, ela pode ser polarizada da mesma forma, por meio de polarizadores.



Nesse caso, veja que os diversos planos de polarização de uma onda luminosa tornam-se apenas um após a passagem pelo polarizador.



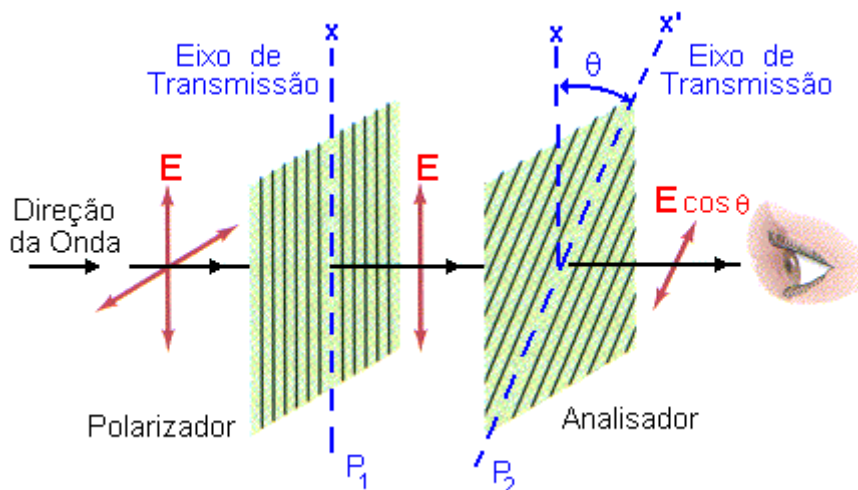
Veja no esquema acima, mais um exemplo de onda luminosa sendo polarizada.

A matemática envolvida nesse caso é muito interessante, trata-se da Lei de Malus, importante, pois já foi abordada em provas da Polícia Civil, para cargos técnicos.

A lei de Malus relaciona a intensidade da onda luminosa após passar pelo primeiro polarizador e depois de passar pelo segundo polarizador.

É possível demonstrar matematicamente a lei acima, no entanto, não é o objetivo do nosso curso nem das questões de provas anteriores.

Assim, vamos aceitar a ideia da fórmula e aprender a aplicá-la em questões.



O primeiro polarizador é chamado de polarizador, propriamente dito, já o segundo é chamado de analisador.

A Lei de Malus nos afirma que a intensidade da onda após passar pelo analisador é dada por:

$$I(\theta) = I_0 \cdot \cos^2(\theta)$$

Outro fato importante é o de que a intensidade da onda após passar pelo primeiro polarizador, é reduzida à metade, ou seja:

$$I_0 = \frac{I}{2}$$

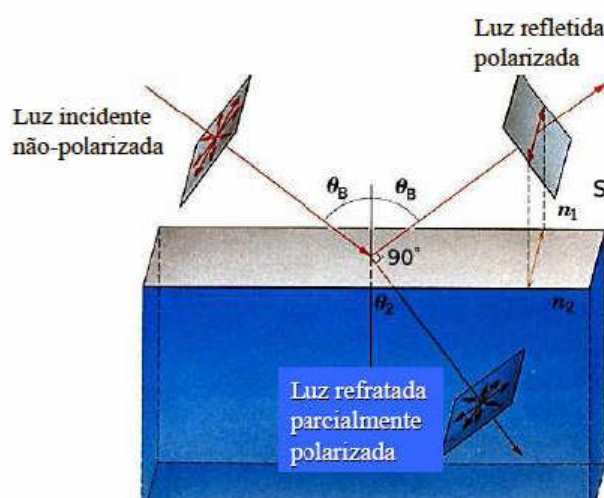
A intensidade da onda plano polarizada é a metade da intensidade da onda incidente sobre o primeiro polarizador.

A polarização também pode ocorrer por reflexão, estamos agora diante da Lei de Brewster.

Esse estudioso demonstrou uma lei na qual podemos calcular o ângulo de incidência para o qual uma onda luminosa sofre polarização por reflexão.

Lei de Brewster

Num ângulo particular:



$$\theta_B + \theta_2 = 90^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_B = n_2 \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \sin(90^\circ - \theta_B) = \cos \theta_B$$

$$\Rightarrow \theta_B = \arctg \frac{n_2}{n_1}$$

Veja que a luz refletida fica polarizada em uma direção de vibração quando a soma do ângulo de reflexão, que é o mesmo ângulo de incidência, com o ângulo de refração vale 90° .

7 - Movimento Harmônico Simples

A parte de MHS pode ser o que tenha uma maior dificuldade, no entanto, vamos tornar sua vida mais fácil, notadamente nessa parte da matéria, pois a teoria será dada de forma bem lenta, compassada e na medida certa da sua prova. Quanto aos exercícios dessa parte da aula, teremos vários, uma quantidade boa de questões sobre esse assunto.

7.1 – Conceito

O conceito de MHS é muito importante, por se tratar de um tema que pode ser cobrado em uma questão teórica.

O MHS é um movimento **periódico, oscilatório**, cuja **força** resultante obedece à seguinte equação:

$$F_r = -K.x$$

Assim, para que um movimento seja considerado um MHS, é necessário que ele preencha os **três requisitos** acima.

Movimento oscilatório é aquele no qual o corpo oscila entre duas posições, a máxima e a mínima.

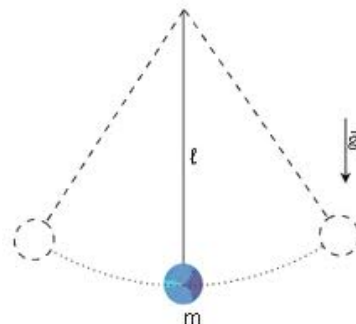
Movimento periódico é aquele que se repete com o tempo, possuindo um período de oscilação.

A força resultante deve, portanto, ser proporcional à elongação (posição).

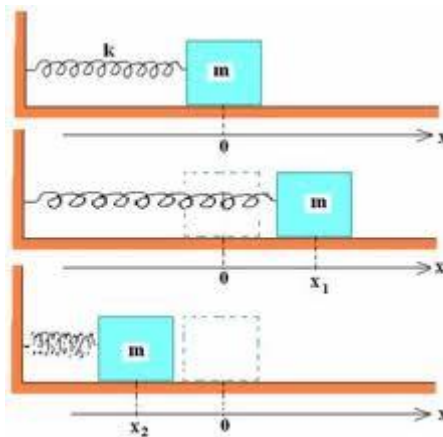
Existem diversos exemplos de movimentos periódicos que não são harmônicos simples, como, por exemplo, o movimento circular e uniforme, que é periódico, mas não é harmônico simples.

Alguns exemplos de MHS:

- **Pêndulo Simples:**



- Sistema Massa-Mola horizontal e vertical:



Esses dois exemplos acima serão estudados com profundidade no decorrer dessa aula.

Compreendido o conceito de MHS, vamos verificar a **cinemática** desse movimento de acordo com as equações desse movimento.

7.2 – Cinemática do MHS

Quando estudamos a cinemática de um movimento, estamos preocupados em determinar três grandezas em função do tempo, que são a **posição, a velocidade e a aceleração**.

Essas três grandezas definem a cinemática de qualquer movimento.

Assim, devemos encontrar a função horária da posição, da velocidade e da aceleração.

7.2.1 – Função horária da posição

A demonstração da equação horária da posição é na verdade uma resolução de uma **equação diferencial bem complexa (matéria de nível superior em exatas)**, o que, obviamente não vamos fazer, nosso curso é focado na sua aprovação, não estou aqui para mostrar demonstrações complexas, e sim para fazer você passar no seu concurso.

O que vamos fazer aqui nessa aula é mostrar a você a equação pronta. Alguns autores de ensino médio deduzem essa equação por meio de uma comparação do **MCU** com o **MHS**, contudo não acho necessário fazer demonstrações adaptadas para entender esse assunto, o que o candidato deve saber é trabalhar com as variáveis da equação.

A equação da posição é uma **equação harmônica** (função cosseno):



$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

Onde:

- **x** é a **posição** do corpo que está em MHS.
- **A** é a **amplitude do movimento**, ou seja, o módulo da posição máxima ou mínima.
- **ω** é a **pulsção**, ou seja, a frequência angular.
- **φ** é a **fase inicial**.
- **t** é o **tempo**.

Essas características da equação devem ser bem entendidas para conseguirmos resolver as questões abordadas pelo INEP em provas passadas do ENEM.

A pulsção é igual à **velocidade angular** do corpo que estaria movimentando-se em **MCU**. Na verdade, basta você utilizar as relações entre ω e T e ω e f, o que vai ser cobrado de você é apenas essa ideia, ou seja, relacionar essas variáveis.

Assim,

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

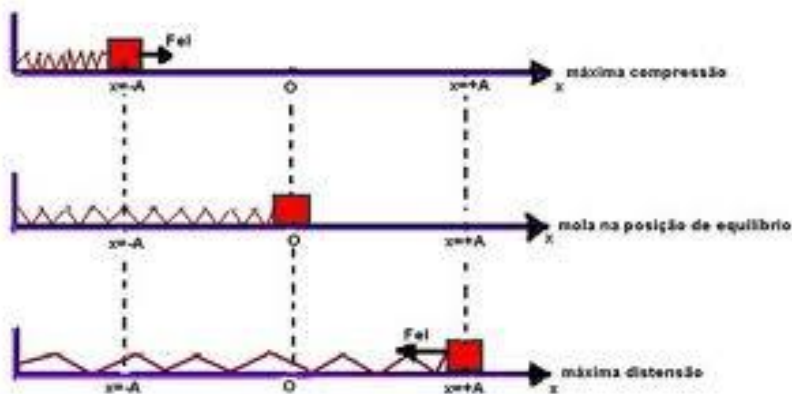
ou

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

A pulsção é dada em **rad/s (unidade SI)**. É como se fosse uma frequência angular, pois mede o número de vezes que certo ângulo é percorrido em certo intervalo de tempo.

A amplitude, como já dito é a posição máxima ou posição mínima ocupada pelo corpo em **MHS**. Veja na figura abaixo a máxima e a mínima compressão, bem como a posição de equilíbrio, na qual a mola encontra-se relaxada.

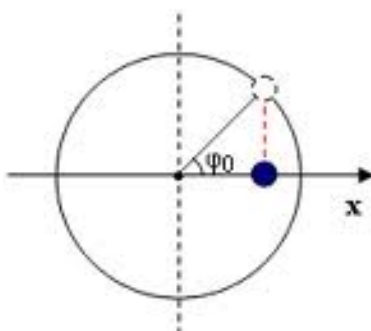




No sistema massa mola acima você pode notar as posições de máxima distensão e de mínima distensão.

A fase inicial (φ_0) é a posição angular inicial de um corpo em MHS, e é dada em radianos, é como se fosse a posição inicial de um MCU que é tomado por referência para analisar o MHS.

Na figura abaixo, veja o ângulo inicial, quando o corpo azul está realizando um MHS, enquanto o corpo tracejado (projeção) está realizando um MCU. É aquela história da comparação entre os dois movimentos que eu lhe falei que ocorre.



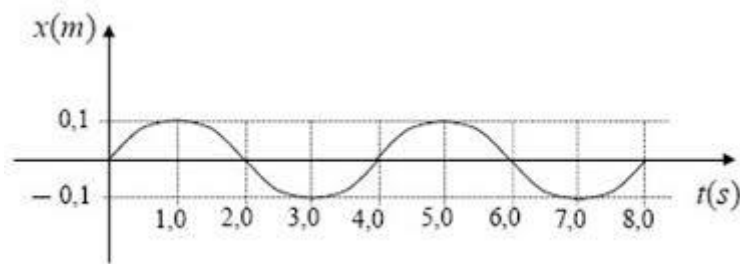
Na figura acima, a esfera azul está realizando um MHS em torno da origem da circunferência, e sua projeção realiza um MCU, conforme já dito anteriormente, e essa comparação é muito utilizada para deduzir as equações que estamos apenas citando.

Pois bem, a posição angular inicial está representada na figura pela letra grega φ_0 . É como se fosse um ângulo inicial para o MCU, a posição inicial da projeção do MHS sobre circunferência no instante inicial igual a zero.

Não se preocupe tanto com a matemática envolvida nesse tipo de questão, envolvendo as equações, geralmente elas apenas pedem que você identifique as grandezas, o ideal é saber quem é quem na equação.

Graficamente, a posição em função do tempo seria representada na forma do gráfico abaixo, basta colocar um lápis na ponta de uma mola ideal em oscilação harmônica, a figura obtida é a seguinte:





O que você deve saber bem é identificar as grandezas relativas ao **MHS**.

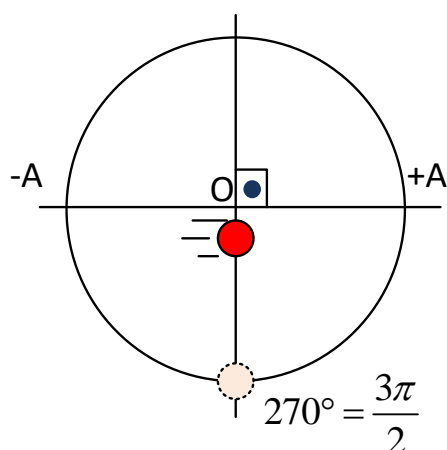
Podemos afirmar então que a **amplitude**, que é a posição máxima ou mínima que o corpo ocupa, vale **0,1m**.

Podemos ainda dizer que o período, que é o **tempo para completar um ciclo**, vale 4s, pois é nesse tempo que um corpo completa um ciclo de oscilação. Logo, a frequência valerá $\frac{1}{4} \text{ Hz} = 0,25\text{Hz}$.

$$T = \frac{1}{f} \text{ ou } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} = 0,25\text{Hz}$$

A pulsação seria então, $\omega = 2.\pi.f = 2.\pi.0,25 = 0,5\pi \text{ rad} / \text{s}$.

A fase inicial corresponde ao ângulo formado quando corpo passa pela origem, deslocando-se no sentido dos valores positivos de "x".



Note que o corpo em MHS está na origem, indo para os pontos positivos, logo o ângulo é igual a 270° .



7.2.2 – Função horária da velocidade

A função horária da velocidade pode ser obtida por meio da **derivada da função do espaço em função do tempo**, contudo não vamos fazer isso, pois foge aos objetivos desse curso, vamos mostrar a equação e entender cada termo dela.

$$v = -\omega.A.\text{sen}(\omega.t + \varphi_0)$$

A velocidade é uma função senoidal do argumento $\omega t + \varphi_0$.

Os termos da equação **são os mesmos que vimos anteriormente** para o caso da equação da posição.

A velocidade admite um valor máximo e mínimo, acompanhemos o raciocínio abaixo, isso foi cobrado inclusive em uma prova de **Papiloscopista da PF - 2012**.

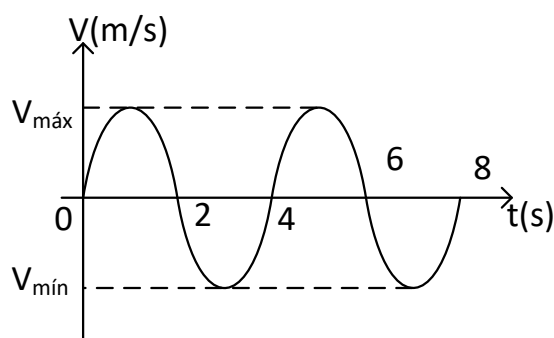
- A velocidade é uma função do seno de um ângulo
- O seno de um ângulo possui **valor mínimo igual a menos um**.
- Então o valor máximo da velocidade será obtido quando o **seno do ângulo for igual a menos um**, pois temos um sinal negativo no início da expressão da velocidade.

Logo o valor máximo da velocidade será:

$$v_{MÁX} = \omega.A$$

O valor máximo da velocidade será atingido quando o corpo estiver passando pela **posição chamada de origem**, na origem a velocidade do corpo em **MHS** é máxima.

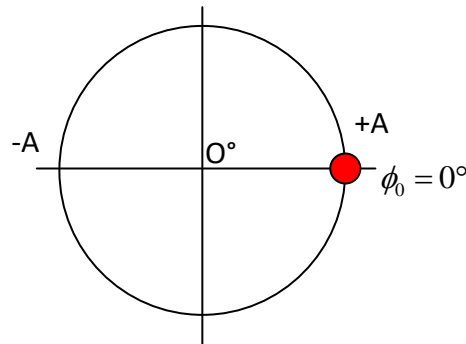
O gráfico de velocidade pode ser dado por:



Vamos encarar o gráfico acima como um exemplo, no qual devemos determinar a pulsação, o período, e a equação da velocidade, bem como a velocidade máxima. Admita que a amplitude de oscilação seja de 10cm, para efeito de cálculo, e que no instante de tempo $t = 0$ o corpo passa pela posição $+A$ (amplitude positiva).



- $A = 10\text{cm} = 0,1\text{m}$
- Período: é simples de notar que o tempo para que um ciclo se complete é de 4s. $T = 4\text{s}$.
- A fase inicial é dada pelo ângulo correspondente à posição inicial. Vamos comparar o MHS e o MCU para determinar a fase inicial.



Logo, a fase inicial vale 0° .

- A pulsação ω será dada pela relação entre ω e T , por exemplo.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} \text{ rad / s}$$

Desta forma, podemos afirmar que temos todos os dados necessários para a montagem da equação da velocidade.

$$\begin{aligned} V &= -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \phi_0) \\ V &= -0,5\pi \cdot \text{sen}(0,5\pi + 0^\circ) \\ V &= -0,5\pi \cdot \text{sen}(0,5\pi) \end{aligned}$$

A velocidade máxima do corpo é dada quando o $\text{sen}(0,5\pi)$ vale -1, ou seja, na equação da velocidade:

$$\begin{aligned} V &= -0,5\pi \cdot \text{sen}(0,5\pi) \\ V &= -0,5\pi \cdot (-1) \\ V &= 0,5\pi \text{ m / s} \end{aligned}$$

Essa é a velocidade máxima permitida ao corpo que realiza o MHS dado pelo gráfico.



7.2.3 – Função horária da aceleração

A aceleração, é o último ente cinemático que você precisa aprender para descrever bem a cinemática do MHS. Ela também é uma função harmônica, e pode ser obtida derivando a função horária da velocidade em relação ao tempo.

Essa derivada também foge aos objetivos do nosso curso, portanto, vamos ter de apenas citar a equação e perceber suas particularidades.

$$a = -\omega^2 . A . \cos(\omega . t + \varphi_0)$$

As constantes que aparecem na equação acima são as mesmas verificadas nas equações da velocidade e da posição.

Aqui eu faço uma pausa para lhe contar um segredo: essas equações são realmente muito chatas e complexas, cheias de letras gregas e realmente parece que estamos falando grego, mas relaxe, tenha em mente que você precisa ser funcional na prova, fala o que o examinador pede e saiba que isso você vai aprender com o nosso curso.

Bom, as variáveis serão irrelevantes nesse momento, uma vez que já discutimos bastante essas ideias.

Você deve perceber então que a aceleração também admite um valor máximo, que será atingido quando o cosseno do ângulo for igual a menos um.



Assim,

$$a_{MAX} = \omega^2 . A$$

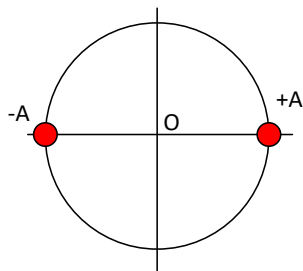
Vamos agora tentar descobrir em que posição essa aceleração ocorre.

Essa aceleração é atingida quando o corpo está nas extremidades, ou seja, nos pontos de posição máxima e mínima, ou seja, nas amplitudes.

É nesse ponto que o $\cos(\omega t + \varphi_0)$ vale -1 ou 1.

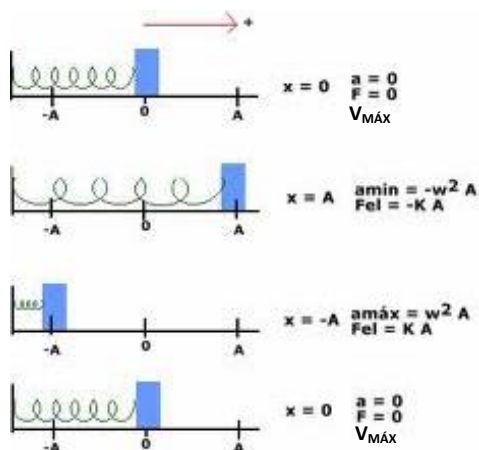
Logo,





Nessas posições a **aceleração é máxima** e a **velocidade é mínima**.

Podemos resumir as condições de velocidade máxima e aceleração máxima de acordo com a figura abaixo.



7.2.4 – Relação entre x e v

Vamos determinar uma equação envolvendo a posição e a velocidade sem envolver a grandeza tempo, para que tenhamos uma equação como a de Torricelli, que vimos no MRUV.



$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

$$v = -\omega \cdot A \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

$$\cos(\omega \cdot t + \varphi_0) = \frac{x}{A} \Rightarrow \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0) = \left(\frac{x}{A}\right)^2$$

$$\text{sen}(\omega \cdot t + \varphi_0) = -\frac{v}{\omega A} \Rightarrow \text{sen}^2(\omega \cdot t + \varphi_0) = \left(-\frac{v}{\omega A}\right)^2$$

somando :

$$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(-\frac{v}{\omega A}\right)^2 = 1 \quad (\text{relação fundamental da trigonometria})$$

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} = 1$$

Assim, temos uma relação entre v e x, que não envolve a grandeza tempo.

7.2.5 – Relação entre a aceleração e a posição

A aceleração também pode ser dada em função da posição, vemos ver como seria essa equação.

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

$$a = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

dividindo :

$$\frac{x}{a} = \frac{1}{-\omega^2} = a = -\omega^2 \cdot x$$

7.3 – Dinâmica do MHS

Ao estudarmos a dinâmica do MHS, devemos nos preocupar em conhecer a força que rege o movimento, e já sabemos que se trata de uma força proporcional à elongação (posição).

Já sabemos que a aceleração pode ser dada em função da posição, então vamos tentar chegar a uma equação para o período e frequência.



$$\begin{aligned}a &= -\omega^2 \cdot x \quad \text{multiplicando por } (-m) \\-m \cdot a &= m \cdot \omega^2 \cdot x \\F_r &= m \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 \cdot x \\k \cdot x &= m \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 \cdot x \\T^2 &= \frac{m \cdot (2\pi)^2}{k} \\T &= 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}\end{aligned}$$

A frequência será determinada pela relação entre f e T , já consagrada nas aulas de movimento circular, o conceito é o mesmo.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Assim, podemos dizer que o período e a frequência de um movimento harmônico dependem apenas da **constante de força** e da **massa oscilante**.

7.4 – Análise energética do MHS

Vamos fazer agora uma análise energética do MHS, observando em que pontos temos cada tipo de energia.

O MHS é um **sistema mecânico**, no qual a energia é do tipo mecânica e sendo mecânica será fruto de dois tipos de energia, que são a **potencial e a cinética**.

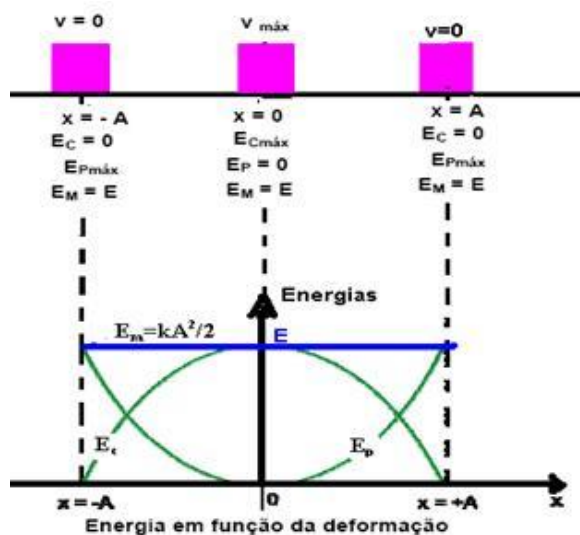
$$E_{MHS} = E_{Cinética} + E_{Potencial}$$

A energia potencial será a energia potencial elástica, fruto da deformação da mola (elástica).



$$E_{MHS} = \frac{m.v^2}{2} + \frac{k.\Delta x^2}{2}$$

Graficamente,



Entendendo a figura acima, podemos resumir da seguinte forma:

- No ponto de alongação nula, ou seja, **na origem** a energia é apenas **do tipo cinética**, uma vez que a mola não está deformada nesse ponto.
- Nos **pontos de alongação máxima (pontos de inversão do movimento)**, a energia mecânica é apenas do tipo **potencial elástica**, pois são pontos de inversão de movimento, no qual a **velocidade se anula**.

O cálculo da **energia mecânica total** será feito da seguinte forma:

- Se o sistema é conservativo, ou seja, a energia mecânica é constante, então podemos utilizar o fato de que a energia é apenas potencial elástica nos pontos de inversão do movimento e calcular a energia mecânica.

$$E_{MHS} = 0 + \frac{k.A^2}{2}$$
$$E_{MHS_{Total}} = \frac{k.A^2}{2}$$

Essa energia se mantém constante, pois os atritos são desprezíveis, o sistema é do tipo conservativo.

Na figura abaixo temos vários pontos nos quais faz-se uma análise energética do sistema.



Energia no MHS

a) $E = E_p = \frac{K \cdot a^2}{2}$

b) $E = E_p + E_c = \frac{K \cdot x^2}{2} + \frac{m \cdot v^2}{2}$

c) $E = E_c = \frac{m \cdot V^2}{2}$

d) $E = E_p + E_c = \frac{K \cdot x'^2}{2} + \frac{m \cdot v'^2}{2}$

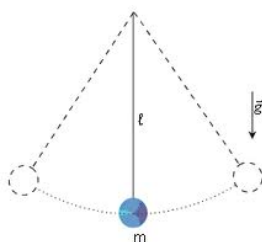
e) $E = E_p = \frac{K \cdot a^2}{2}$

f) $E = E_c = \frac{m \cdot V^2}{2}$

g) $E = E_p = \frac{K \cdot a^2}{2}$

7.5 – Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um sistema que oscila em **MHS** muito **comum de aparecer em questões**, vamos destrinchá-lo para que qualquer questão desse assunto fique “no papo” para vocês.



Vamos fazer uma pergunta logo de início, para que vocês pensem sobre o problema do pêndulo.

“o período de oscilação do pêndulo simples depende da massa oscilante?”

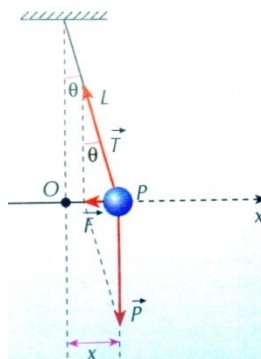


Professor, é claro que depende, se for mais pesado, vai ser mais rápido!

Cuidado, Aderbal!

Eu não diria isso com tanta certeza. Vamos mostrar o período do pêndulo simples com todas as suas características.

No caso do pêndulo simples, temos a seguinte disposição das forças:



A figura acima mostra as forças que atuam no pêndulo durante seu movimento. Note que a força “F” é responsável por trazer o corpo de volta para a posição de equilíbrio “O”. Logo, se mostrarmos que a força “F” é do tipo $F = -K.x$, então estaremos diante de um exemplo de MHS.

Da figura acima, aplicando $\text{tg}(\theta)$ ao triângulo vermelho, podemos notar que a força “F” é dada por:

$$F = -mg \text{tg}(\theta)$$

Acontece que para ângulos pequenos há uma aproximação muito boa entre a **tangente** e o **seno** do ângulo.

A aproximação é a seguinte: $\theta \cong \text{tg}(\theta) = \text{sen}(\theta) = x/L$ (aqui, lembre-se de que o seno de um ângulo é igual ao cateto oposto (“x” na figura) ao ângulo, dividido pela hipotenusa (“L” comprimento do fio)).

Com essa aproximação, a força restauradora pode ser reescrita agora como:



$F = - mg X/L$

Desta forma, fica provado que a força restauradora no pêndulo simples de pequenas oscilações ($\theta_{\text{Max}} = 10^\circ$), onde vale a aproximação acima, é do tipo $F = - K.x$, ou seja, proporcional ao deslocamento (“x”).

Sem maiores digressões, podemos afirmar que o movimento do pêndulo simples é **periódico** (se repete a cada período) e **oscilatório** (oscila em torno da posição de equilíbrio “O”).

Finalmente, após provar que o movimento do pêndulo só é harmônico simples para pequenas oscilações, apresento abaixo as fórmulas para os cálculos do período de oscilação e da frequência de um pêndulo de comprimento **L** em um local cuja aceleração da gravidade é **g**.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{m \cdot g / L}}$$
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

A frequência será dada pelo inverso do período:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Período e frequência de um pêndulo simples

Perceba que tanto o período de oscilação, como também a frequência **não depende da massa oscilante**. Isso nos permite responder à pergunta inicial com segurança.

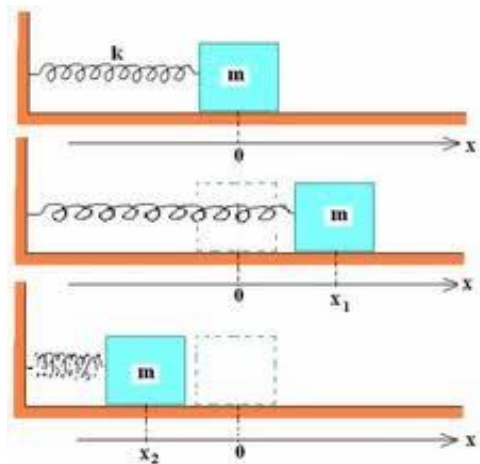
O período e a frequência não dependem da massa oscilante (veja que ela foi cancelada na demonstração das fórmulas).

Cuidado para você não errar como o Aderbal, a Física tem esses mistérios. Aparentemente uma coisa bem óbvia está incorreta, e é isso que o **CESPE** adora colocar em questões.

O que de mais importante havia para falar sobre o pêndulo simples foi dito acima, fora isso, é memorizar as observações que foram feitas a respeito do MHS em geral.



7.6 – Sistema Massa-Mola



No sistema massa mola também temos algumas fórmulas matemáticas para memorizar, mais uma vez as mais importantes são a do período e da frequência.

Veja ainda que a análise energética que foi feita nas páginas anteriores levou em conta o sistema massa mola, portanto é importante lembrar das energias no MHS.



Professor, e o sistema massa-mola pode ser considerado um MHS? Fiquei na dúvida e queria saber como se faz para provar. É igual como nós fizemos com o pêndulo simples.

Aderbal e suas perguntas sempre muito pertinentes.

Aderbal, o sistema massa-mola **é sim um MHS**, como já dissemos anteriormente, e, diga-se de passagem, um dos mais importantes. Você deve conhecer todos os seus detalhes para qualquer prova.

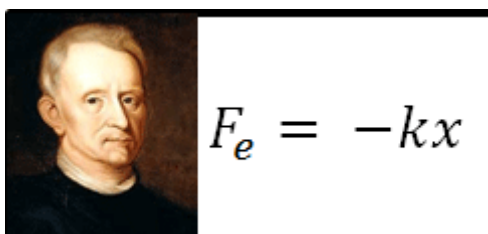
Vamos relembrar as condições de existência de um MHS:

- Periódico
- Oscilatório
- Força restauradora do tipo $F = -K.x$

Está na cara que o sistema massa-mola é **periódico (se repete com o tempo) e oscilatório (oscila em torno de uma posição fixa – origem)**, falta comprovar se existe uma força do tipo $F = -K.x$ restaurando o movimento.

A única força que está restaurando o sistema para a sua posição de equilíbrio é a força elástica da mola, que **ao ser comprimida “empurra”** o corpo de volta para a posição “O”, e **ao ser esticada “puxa”** o corpo para a posição de equilíbrio.

E a força elástica obedece a uma lei chamada lei de Hooke, de tal forma que pode ser escrita da seguinte maneira:



O cara acima é o tal de Robert Hooke e ao lado a sua equação para a força elástica que surge quando comprimimos ou esticamos uma mola, onde “K” é a constante elástica da mola e “X” é a deformação à qual ela fica sujeita.

Você então já deve ter percebido que a força restauradora do sistema massa-mola é do tipo $F = -K.x$. Portanto está provado que o sistema massa-mola é um MHS.

As fórmulas para o cálculo do período e da frequência são:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad e \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$$

Onde, “m” é a massa oscilante e “K” é a constante elástica da mola. Observe que no sistema massa-mola o período e a frequência dependem da massa oscilante, diferentemente do pêndulo simples, onde a massa oscilante é indiferente.

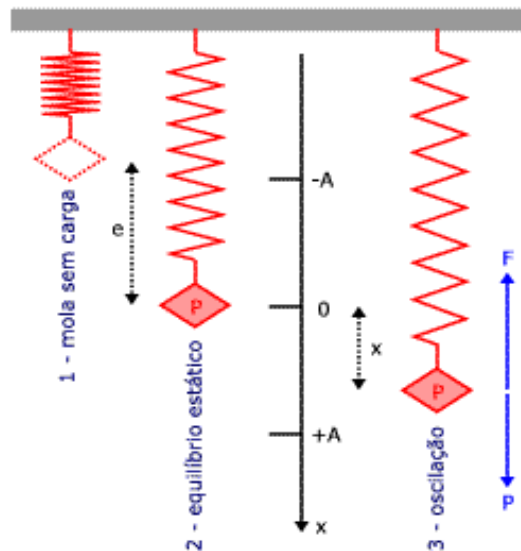
Obs.: O Sistema massa mola vertical é semelhante a esse sistema massa mola mostrado anteriormente, no entanto, além da força elástica, outra força atuará no corpo, é a força peso, já que este será vertical.





O período do movimento acima é o mesmo período de um sistema massa mola horizontal.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \quad e \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$$



A força restauradora será dada pela diferença entre a força elástica e o peso do corpo.



$$F_{el} - P = F_{Res}$$
$$K.(x + A) - P = F_{Res}$$
$$K.x + K.A - P = F_{Res}$$

Note, por outro lado, que o peso do corpo equilibra a força elástica que aparece no corpo quando ele está em repouso, na posição de equilíbrio.

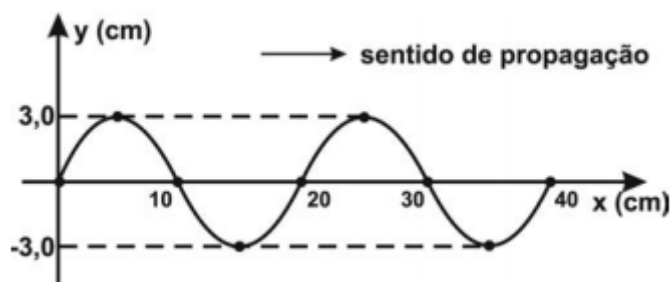
$$P = F_{el\ inicial} = K.A$$
$$K.x + K.A - P = F_{Res}$$
$$F_{Res} = K.x$$

Portanto, a força restauradora é a mesma força restauradora do movimento horizontal do sistema massa mola, o que nos leva ao mesmo período e à mesma frequência.

QUESTÕES COMENTADAS



1. (PR-4 - UFRJ - Técnico em Mecânica/ 2018) A figura a seguir mostra uma onda se propagando em uma corda.



Considerando que essa onda tem velocidade de propagação de 400 cm/s, a sua frequência em Hertz é:

- a) 40
- b) 133
- c) 120
- d) 20
- e) 30

Comentários:

Aqui pessoal, basta extrair a informação do comprimento de onda na figura e usar a fórmula da velocidade de uma onda.

1 - Pela figura, percebe-se que o comprimento de onda é de 20cm

Com a fórmula

$$V = \lambda \cdot f$$

Temos:

$$v = 400\text{cm} / \text{s}$$

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

$$v = \lambda f$$

$$(400\text{cm} / \text{s}) = (20\text{cm}) \cdot f$$

$$f = \frac{400}{20} = 20\text{Hz}$$

Portanto, gabarito **letra D**.



2. (FCC - Câmara Legislativa do Distrito Federal - Técnico Legislativo/2018) As ondas sonoras, assim como todos os outros tipos de onda, sofrem reflexão, refração, difração e interferência, mas uma onda sonora não pode ser polarizada por ser longitudinal – e não transversal. A reflexão do som pode dar origem ao reforço, à reverberação e ao eco. A refração é

- a) o fenômeno que ocorre quando as ondas sonoras encontram um determinado obstáculo e são impedidas de continuar a sua propagação.
- b) o fenômeno no qual observa-se a onda sonora modificar seu comprimento de onda.
- c) a distorção da propagação retilínea do som, quando este contorna um obstáculo.
- d) o fenômeno que permite ouvir isoladamente o mesmo som emitido e refletido.
- e) o som direto e som refletido chegam no mesmo instante.

Comentários:

A refração do som também obedece às leis da refração da ondulatória. Desse modo, esse fenômeno acontece quando a onda passa de um meio para outro com índice de refração diferente, o que provoca a variação da velocidade de propagação e a variação do comprimento de onda, mas nunca a variação da frequência, pois trata-se de uma característica da fonte emissora.

Prestar atenção: **NA REFRAÇÃO NÃO OCORRE VARIAÇÃO DA FREQUENCIA!!**

Portanto, gabarito **letra B.**

3. (CESGRANRIO - LIQUIGÁS - Técnico Químico/ 2018) Um determinado tipo de radiação eletromagnética se propaga com comprimento de onda de 600 nm.

A frequência dessa radiação, em Hz, é igual a

Dado Velocidade da luz no vácuo: 3×10^8 m/s

- a) $2,0 \times 10^{-15}$
- b) $2,0 \times 10^{-6}$
- c) $5,0 \times 10^5$
- d) $5,0 \times 10^{10}$
- e) $5,0 \times 10^{14}$

Comentários:

Questão de simples aplicação de fórmula. Perceba que foi dado o comprimento de onda e a velocidade da onda (velocidade da luz no vácuo). Assim, só precisamos calcular a frequência:



$$v = \lambda f$$

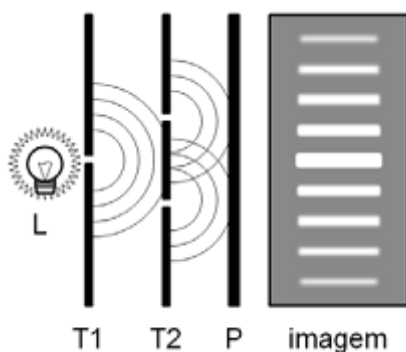
$$(3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = (600 \text{ nm}) \cdot f$$

$$(3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = (600 \cdot 10^{-9} \text{ m}) \cdot f$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{-7}} = \frac{1}{2} \cdot 10^{15} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Portanto, gabarito **letra E**.

4. (CESGRANRIO - Petrobras/2017) O dispositivo da Figura abaixo é conhecido como Experiência de Young. Uma lâmpada L emitindo luz monocromática é posta diante de uma tela opaca, T1, que tem uma fenda estreita. Atrás da tela T1, é colocada outra tela opaca, T2, que tem duas fendas estreitas, ambas iguais à fenda da tela T1. A luz chega ao anteparo P e produz a imagem disposta ao lado, com franjas claras e escuras.



O fenômeno que produz o padrão representado na imagem é denominado

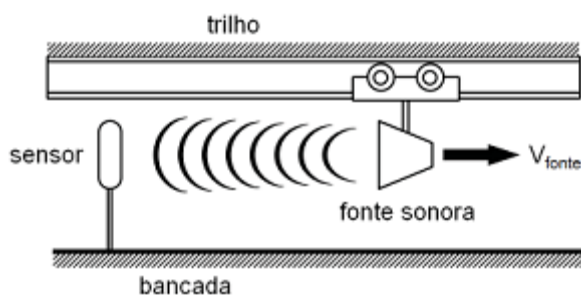
- a) ressonância
- b) batimento
- c) refração
- d) polarização
- e) interferência

Comentários:

Percebam que as franjas produzidas no anteparo possuem diferentes cores. Isso ocorre pelo fato de em alguns pontos do anteparo haver uma interferência construtiva e em outros pontos uma interferência destrutiva. Sendo assim, temos que o padrão representado na imagem é denominado de interferência.

Portanto, gabarito **letra E**.

5. (CESGRANRIO - 2017 - Petrobras/2017) Um experimento para medir frequências consiste em um sensor preso a uma bancada e um carro, com fonte sonora, que se desloca em um trilho, à velocidade constante e igual a 25% da velocidade do som, como mostra a Figura abaixo.



Qual é a razão entre a frequência da onda percebida pelo sensor e a frequência da onda emitida pela fonte?

- a) 0,75
- b) 0,80
- c) 1,00
- d) 1,25
- e) 1,33

Comentários:

Perceba que nessa questão há um movimento relativo entre a fonte e o receptor. Sendo assim, temos um efeito Doppler, o que nos permite usar a seguinte fórmula:

$$f_D = f_0 \frac{V_{som} \pm V_{obs}}{V_{som} \pm V_{fonte}}$$

Como os corpos estão se afastando, então a frequência percebida pelo receptor será menor que a frequência emitida. Sendo assim, temos o sinal de negativo no numerador e positivo no denominador. Assim, basta calcular:



$$v = \lambda f$$

$$(3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = (600 \text{ nm}) \cdot f$$

$$(3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = (600 \cdot 10^{-9} \text{ m}) \cdot f$$

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^{-7}} = \frac{1}{2} \cdot 10^{15} = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Portanto, gabarito **letra B**.

6. (UniRV - GO - Auxiliar de Laboratório/ 2017) A luz é um fenômeno complexo e compreender sua natureza é um dos principais objetivos da Física. Dessa maneira, marque a opção que descreve erroneamente uma das propriedades da luz.

- a) A luz sofre refração, ou seja, altera sua velocidade quando altera o meio de propagação.
- b) A luz sofre difração, ou seja, quando a luz encontra obstáculos com aberturas de dimensão próxima ao comprimento de onda, parte da onda que passa pela abertura se alarga.
- c) A luz pode sofrer polarização, ou seja, a luz que antes se propagava em todos os planos, ao passar por um filtro polarizador, passa a se propagar em um único plano.
- d) A luz pode sofrer reflexão, ou seja, quando a luz incide em uma superfície totalmente transparente, parte da luz é refletida com um ângulo de reflexão igual ao ângulo incidente.

Comentários:

A **alternativa A** está correta. Conforme vimos na teoria e em questão no início dessa lista, temos que de fato, ao sofrer refração, a luz altera sua velocidade, assim como seu comprimento de onda.

A **alternativa B** está correta. Essa é a definição de difração que vimos na aula.

A **alternativa C** está correta. Alternativa de acordo com o processo de polarização visto na aula.

A **alternativa D** está incorreta e é o gabarito da questão. Ora, se a superfície é totalmente transparente, então temos que a luz vai passar tranquilamente por esse meio! Não há reflexão nesse caso.

Portanto, gabarito **letra D**.

7. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - UFVJM-MG / 2017) Um professor faz duas montagens em um laboratório de óptica. Na primeira delas, uma fonte de luz coerente incide sobre uma minúscula fenda, na qual a luz é projetada em um determinado anteparo. Na segunda, a mesma fonte de luz incide sobre duas fendas minúsculas e também é projetada sobre esse anteparo.



Com esses dois experimentos, o professor pretende mostrar os fenômenos ópticos, respectivamente:

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

Comentários:

Difração

A onda contorna um obstáculo (ou abertura). Só ocorre quando o comprimento de onda tem dimensões próximas do obstáculo (ou abertura).

Interferência

A interferência é o resultado da superposição entre ondas. Pode provocar um aumento na amplitude (interferência construtiva) ou diminuição na amplitude (interferência destrutiva).

Interferência em cordas:

Fases iguais: as amplitudes se somam.

Fases opostas: as amplitudes se subtraem

Portanto, gabarito **letra C**.

8. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - UFVJM-MG - Técnico de Laboratório / 2017) Em um tanque, de profundidade constante e preenchido com água, um estudante bate uma régua, em uma de suas extremidades, uma vez a cada 2,0 segundos. Ao atingir a extremidade oposta do tanque de 60,0 cm, nota-se que o tanque possui 7 cristas, cuja distância total entre elas é o comprimento do tanque.

Nessas condições, é possível concluir que o comprimento de onda e a velocidade da onda nesse meio são de, respectivamente:

- a) 8,6 cm e 4,3 cm/s.
- b) 10,0 cm e 5,0 cm/s.
- c) 17,2 cm e 8,6 cm/s.
- d) 20,0 cm e 10,0 cm/s.



Comentários:

Questão que envolve um pouco de lógica, pois precisamos esquematizar o problema direitinho para conseguirmos resolver. Vejamos:

1 - Foi dito que o tanque possui 7 cristas. Bom, se tivéssemos 2 cristas, teríamos 1 comprimento de onda; 3 cristas, 2 comprimentos de onda; 4 cristas, 3 comprimentos de onda; 5 cristas, 4 comprimentos de onda; 6 cristas, 5 comprimentos de onda; 7 cristas, 6 comprimentos de onda. Com isso, podemos calcular o comprimento de onda:

$$6\lambda = 60,0\text{cm}$$

$$\lambda = 10,0\text{cm}$$

2 - Nos foi dito que o estudante bate na água 1 vez a cada dois segundos. E em um segundo (para sabermos a frequência)? Ora, 0,5 vezes por segundo! Perceba que essa é a nossa frequência!! Agora é só calcular a velocidade:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = (10,0\text{cm}) \cdot (0,5\text{Hz}) = 5\text{cm} / \text{s}$$

Portanto, gabarito **letra B**.

9. (COPESE - UFJF - Técnico de Laboratório - Física/ 2017) A corda de um violão está afinada no lá fundamental (440 Hz) e tem o comprimento de 60 cm entre os pontos de apoio. É possível produzir um harmônico (múltiplo da frequência fundamental) ao tocar com o dedo levemente numa posição onde haveria um nó da frequência desejada no momento em que se percute a corda. Medida à partir de uma das extremidades da corda, qual a posição do nó para que a frequência produzida seja 1320 Hz?

- a) 10 cm
- b) 20 cm
- c) 30 cm
- d) 35 cm
- e) 50 cm

Comentários:



Primeiramente, encontremos a velocidade da corda com a frequência fundamental e o comprimento de onda dado:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = (60,0\text{cm}) \cdot (440\text{Hz}) = 26400\text{cm} / \text{s}$$

Para encontrarmos a posição do nó para alterar a frequência, basta usar a mesma fórmula, mantendo a velocidade constante e alterando para a frequência desejada. Com isso, iremos encontrar um lambda que é justamente a posição do nó:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$26400\text{cm} / \text{s} = \lambda \cdot (1320\text{Hz})$$

$$\lambda = \frac{26400}{1320} = 20\text{cm}$$

Portanto, gabarito **letra B**.

10. (FUNDEP (Gestão de Concursos) IFN-MG - Técnico em Laboratório - Física/ 2016) Analise a situação a seguir.

A fim de alertar a população com cuidados para sua segurança, um delegado resolveu gravar um vídeo e postar nas redes sociais. Nesse vídeo, ele explica um golpe comum aplicado por ladrões de veículos, no qual estes mantêm um controle remoto de portão de garagem acionado, enquanto o proprietário de um veículo aciona o controle do seu carro a fim de trancá-lo.

Estando o controle do portão acionado no instante em que o motorista aciona o seu controle, o veículo não é trancado. Sendo assim, motoristas descuidados, que não se certificam do trancamento de seu veículo, são furtados com facilidade.

O fenômeno da Física que melhor explica o que foi exposto nessa situação é:

- a) difração.
- b) polarização.
- c) interferência.
- d) dispersão.



Comentários:

Pessoal, percebam que houve um "probleminha" quando motorista foi fechar o carro. Tinha outro sinal tentando se comunicar com o seu carro! Pelo fato de a onda eletromagnética do seu alarme não conseguir chegar ao veículo, isso nos indica que aconteceu algo no caminho que fez a onda perder sua força. E conforme estudamos na teoria, esse é o caso da interferência!

Portanto, gabarito **letra C**.

11. (FUNDEP (Gestão de Concursos) IFN-MG - Técnico em Laboratório - Física/ 2016) Considere que em uma brincadeira de colegas, eles sugam pela boca gás hélio e cantam parabéns para uma outra colega da turma.

A voz dos colegas se modifica, nesse caso, porque:

- a) a frequência do som se altera.
- b) a amplitude do som se altera.
- c) a velocidade de propagação do som se altera.
- d) a intensidade do som se altera.

Comentários:

Percebam que houve uma mudança no meio de propagação: antes era o ar comum que respiramos e agora é o gás hélio. Sendo assim, sabendo que a frequência da voz depende apenas das cordas vocais, e não do meio de propagação, temos que a velocidade irá se alterar, por isso a mudança na voz.

Portanto, gabarito **letra C**.

12. (CESGRANRIO – PETROBRÁS – TÉCNICO DE OPERAÇÃO JÚNIOR) A radiação eletromagnética sensível ao olho humano é definida como luz visível. A faixa de comprimento de onda da luz visível varia de $400 \times 10^{-9} \text{ m}$ a $700 \times 10^{-9} \text{ m}$. A frequência que está dentro do espectro visível é Dado: A velocidade da luz no vácuo é de $300 \times 10^6 \text{ m/s}$.

- a) $60 \times 10^{17} \text{ Hz}$
- b) $60 \times 10^{16} \text{ Hz}$
- c) $60 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- d) $60 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- e) $60 \times 10^{13} \text{ Hz}$



Comentários:

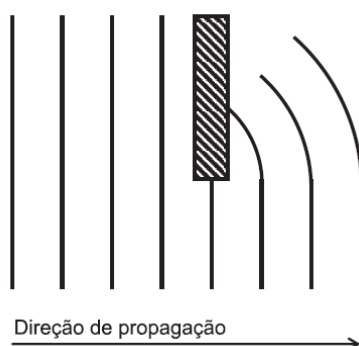
Vamos calcular a faixa de frequência em que está a luz visível, por meio da aplicação da equação fundamental da ondulatória.

$$V = \lambda \cdot f$$
$$f = \frac{V}{\lambda} \Rightarrow f_{\text{mín}} = \frac{V}{\lambda_{\text{máx}}}; f_{\text{máx}} = \frac{V}{\lambda_{\text{mín}}}$$
$$f_{\text{mín}} = \frac{V}{\lambda_{\text{máx}}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{7,0 \cdot 10^{-7}} = 4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$
$$f_{\text{máx}} = \frac{V}{\lambda_{\text{mín}}} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{4,0 \cdot 10^{-7}} = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

A frequência que se enquadra nesse limite é a constante no item E, basta verificar que $60 \times 10^{13} = 6,0 \times 10^{14}$ Hz.

Portanto, gabarito **letra E**.

13. (CESGRANRIO – DECEA – CONTROLADOR DE TRÁFEGO AÉREO). A vista de cima de uma onda propagando-se na superfície de um líquido é mostrada na Figura abaixo, na qual as linhas representam as cristas da onda.



O fenômeno que se observa após a onda ultrapassar o obstáculo é a(o)

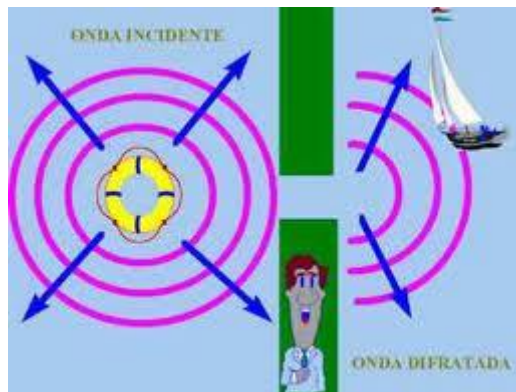
a) difração

- b) interferência
- c) polarização
- d) batimento
- e) efeito Doppler

Comentários:

A questão é simples, basta você lembrar-se do conceito de difração.

A difração na verdade trata-se de um fenômeno ondulatório por meio do qual uma onda é capaz de contornar obstáculos. Observe a figura abaixo mostrando uma onda na água contornando um obstáculo graças ao fenômeno da difração.



Na figura acima você nota que uma onda gerada em uma região do lago consegue contornar os obstáculos e chegar ao outro lado atingindo uma embarcação graças à difração que ela sofre.

Na figura da questão você pode perceber que se trata de uma frente de ondas que ao se propagar em uma região contorna o obstáculo graças à difração.

Portanto, gabarito **letra A**.

14. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Para determinar a frequência do som produzido por um diapasão, um estudante faz soar esse diapasão na borda superior de uma proveta de altura 30 cm, inicialmente vazia. À medida que ele coloca água nessa proveta, ele observa que o som mantém praticamente a mesma intensidade, mas há um sensível aumento dessa intensidade quando a proveta contém 10 cm de água. Acima dessa quantidade de água, a intensidade do som volta a baixar ao nível anterior e assim permanece até que a proveta esteja cheia. Considerando que a velocidade do som no ar



é de 300 m/s, concluímos que a frequência fundamental do som produzido pelo diapasão, em Hz, era igual a

- a) 220
- b) 375
- c) 390
- d) 440
- e) 660

Comentários:

Perceba, do enunciado, que se trata de um tubo sonoro, no qual há uma ressonância (reforço de intensidade) com o tubo contendo 30cm - 10cm = 20cm de água.

Assim, podemos dizer que a primeira frequência de ressonância do tubo ocorre para um comprimento de 20cm.

Veja que o tubo é do tipo fechado em uma das extremidades.

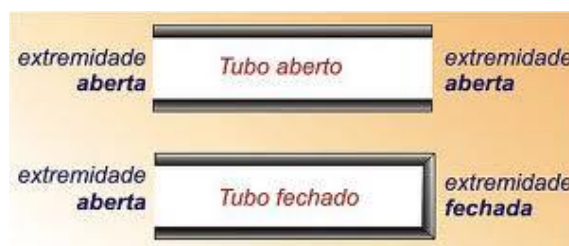
A frequência de vibração do tubo fechado dar-se-á para um comprimento de 20cm.

Abaixo segue um resumo teórico dos tubos sonoros:

Tubos Sonoros

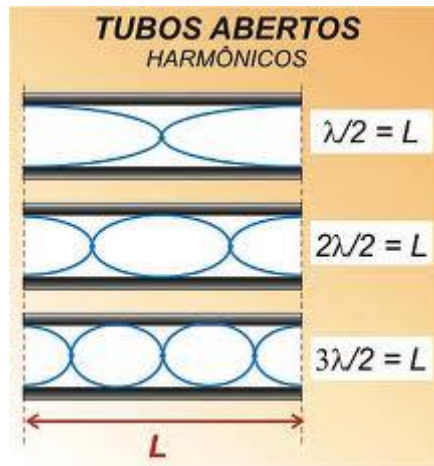
Um sistema muito importante de ressonância é o tubo sonoro. Nesse sistema físico o ar que há dentro de um tubo entra em ressonância com a vibração externa formando assim um sistema chamado tubo sonoro.

O tubo pode ser considerado aberto nas duas extremidades ou aberto em uma extremidade e fechado em outra. Para simplificar, vamos chamar de apenas de tubo aberto o que for aberto nas duas extremidades e tubo fechado o que tiver uma extremidade fechada.



a) tubo aberto:

O tubo aberto possui as duas extremidades abertas, da seguinte forma:



Acima estão representados os três primeiros harmônicos de vibração. Lembrando que o tubo aberto somente pode vibrar na forma acima, por conta da ressonância, podemos dizer que essas são as formas ressonantes de vibração do tubo aberto.

Aplicando a equação fundamental, podemos deduzir a fórmula para o cálculo das frequências dos harmônicos.

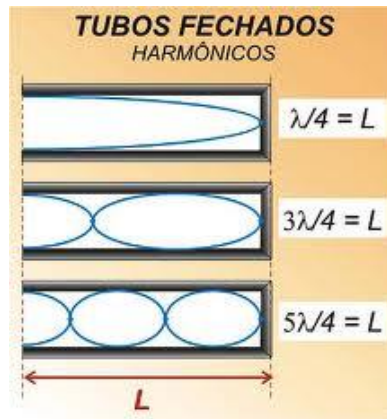
$$f = \frac{N \cdot V}{2 \cdot L}$$

Onde,

- N é o número do harmônico
- V é a velocidade da onda sonora
- L é o comprimento do tubo

b) Tubo Fechado:

O tubo fechado difere do tubo aberto, pois não apresenta os harmônicos de vibração pares, apenas os ímpares, seus modos de vibração são os mostrados na figura abaixo:



A fórmula para a determinação das frequências de cada harmônico é dada pela seguinte fórmula:

$$f = \frac{N.V}{4.L}$$

Onde,

- N é o número do harmônico (os harmônicos no tubo fechado são exclusivamente ímpares).
- V é a velocidade da onda sonora
- L é o comprimento do tubo

Vamos aplicar a fórmula do tubo fechado:

$$f = \frac{N.V}{4.L}$$
$$f = \frac{1.300}{4.0,2} = 375Hz$$

Portanto, gabarito **letra B**.

15. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Atualmente, há uma preocupação cada vez maior com a poluição sonora. Suponha que uma lei penalize quem produza ruídos que ultrapassem os níveis de intensidade sonora, estabelecidos na tabela a seguir.



| | DIURNO | NOTURNO |
|--------------------|--------|---------|
| Áreas residenciais | 50 dB | 45 dB |
| Áreas industriais | 70 dB | 60 dB |

Níveis de intensidade sonora de situações comuns do cotidiano são listados na próxima tabela.

| FONTE DO SOM | NÍVEL DE INTENSIDADE SONORA |
|-------------------|-----------------------------|
| Sirene | 110 dB |
| Cortador de grama | 100 dB |
| Buzina | 90 dB |
| Aspirador de pó | 70 dB |
| Carro silencioso | 50 dB |

Considere os seguintes grupos de pessoas que utilizassem, nas áreas residencial e industrial,

I. um cortador de grama no período diurno;

II. um carro silencioso no período noturno;

III. um aspirador de pó no período noturno.

Se não houver nenhum outro atenuante na lei, seriam considerados infratores o(s) grupo(s)

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

Comentários:

I. O cortador de grama, no período diurno, que tem como valores máximos de intensidade, 50dB e 70dB, ultrapassaria os limites, uma vez que o nível de intensidade do som emitido por ele vale 100dB.

II. O carro emitiria um som acima do permitido na área residencial, uma vez que o máximo permitido é de 45dB e o som emitido por ele vale 50dB.



III. O aspirador de pó, possui nível de intensidade de 70dB, então quem o utilizasse seria considerado um infrator em áreas residenciais.

Portanto, gabarito **letra D**.

16. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Uma corda de violão fixa entre duas extremidades separadas pela distância L_0 emite a frequência fundamental de 330 Hz quando vibra livremente. Para que essa mesma corda emita um som cuja frequência seja igual a 660 Hz, o comprimento entre as extremidades da corda deverá ser

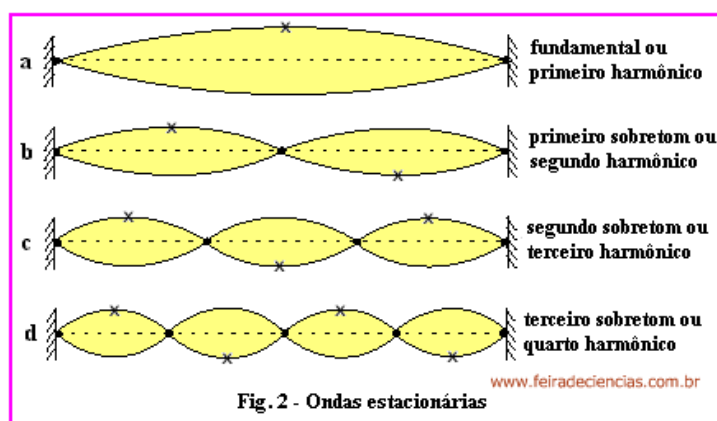
- a) $L_0/4$.
- b) $L_0/2$.
- c) L_0 .
- d) $2L_0$.
- e) $4L_0$.

Comentários:

A questão versa sobre as ondas em cordas, vamos ver um breve resumo teórico sobre esse tema:

Vamos ter fórmulas matemáticas para memorizar e devemos saber aplicá-las ao caso concreto, ou seja, aos problemas que serão abordados em sua prova.

Ondas estacionárias em cordas, são ondas que se formam a partir da interferência das ondas que se propagam em uma corda em sentidos contrários. Veja na figura abaixo.



A amplitude será a amplitude de cada uma das ondas, nesse ponto é importante você se ligar, pois muita gente pensa que não haverá amplitude resultante, pois, as ondas interferem em sentidos contrários.

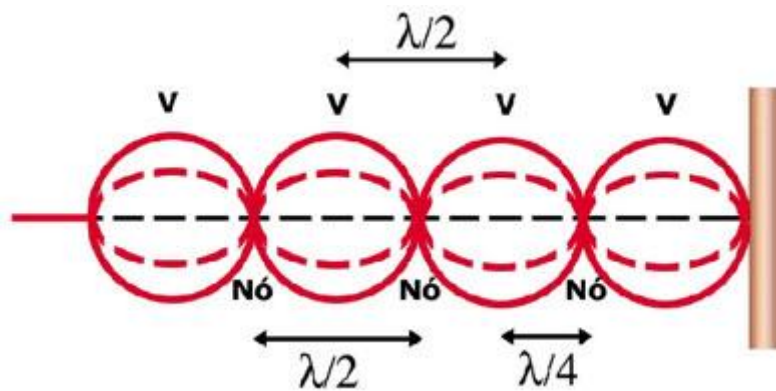


Mas não caia em cascas de banana, a amplitude da onda estacionária resultante é a amplitude de cada uma das ondas interferentes.

Na figura acima, você viu que as ondas estacionárias aparecem em harmônicos e cada um deles tem a sua particularidade.

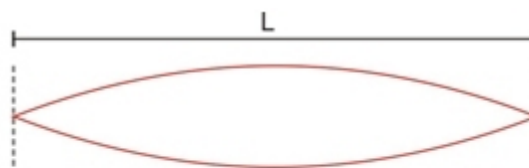
Antes disso você precisa saber o que é um nodo e um antinodo, é simples, um nodo ou ponto nodal é o ponto representado pela bolinha preta na figura acima, por outro lado, os antinodos ou pontos antinodais (conhecidos como pontos ventrais) são aqueles representados pelos pontos que são cristas ou vales, representados pelos "x" na figura acima.

A figura abaixo resume as ideias vistas acima:



Identificados os pontos e características ligadas às ondas estacionárias, vamos verificar como conhecer a fórmula da frequência de vibração da corda vibrante.

Bom, o primeiro ponto que vamos analisar é o primeiro harmônico que não possui nenhum nodo intermediário.



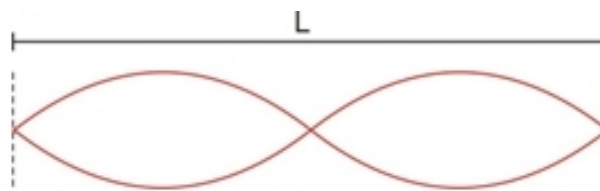
$$\lambda_1 = 2L, \quad f_1 = \frac{V}{\lambda_1} = \frac{V}{2L}$$

Note que o comprimento da corda é idêntico à metade do comprimento de onda.

$$\frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 2L$$
$$f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{1.V}{2.L}$$



Para o segundo harmônico:

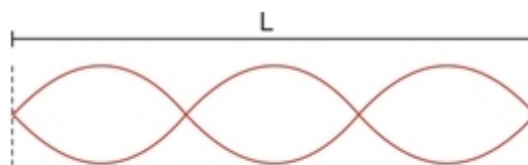


$$\lambda_2 = L = \frac{2L}{2}, \quad f_2 = \frac{V}{\lambda_2} = \frac{2V}{2L} = \frac{V}{L}$$

Note que ao introduzirmos um nodo intermediário, o comprimento do fio ficou idêntico ao comprimento de onda da onda.

$$\lambda = L \Rightarrow \lambda = L$$
$$f_2 = \frac{V}{\lambda} = \frac{2V}{2L}$$

Para o terceiro harmônico:



$$\lambda_3 = \frac{2L}{3}, \quad f_3 = \frac{3V}{2L}$$

Note que no terceiro harmônico temos a presença de 2 nodos intermediários.

$$\frac{3\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{3}$$
$$f_3 = \frac{V}{\lambda} = \frac{V}{\frac{2L}{3}} = \frac{3V}{2L}$$



Agora, acredito que você já notou um certo padrão de acordo com o número do harmônico.

Podemos, portanto, generalizar a fórmula para:

$$f_n = \frac{n.V}{2.L}$$

Onde,

- f_n é a frequência da onda
- n é o número do harmônico
- L é o comprimento da corda
- V é a velocidade da onda na corda

Voltando à questão:

$$330 = \frac{1.V}{2.L_0}$$

Vamos agora calcular o comprimento da corda, baseado em uma frequência maior:

$$660 = \frac{1.V}{2.L}$$

Agora vamos dividir uma equação pela outra:



$$330 = \frac{1.V}{2.L_0}$$

$$660 = \frac{1.V}{2.L}$$

dividindo uma equação pela outra :

$$\frac{1}{2} = \frac{L}{L_0} \Rightarrow L = \frac{L_0}{2}$$

Portanto, gabarito **letra B**.

17. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Sabe-se que os tubos abertos são capazes de produzir som por causa de ondas estacionárias que se formam dentro deles. Os instrumentos de sopro produzem sons utilizando esse mesmo princípio, variando apenas certas características. O oboé, por exemplo, é um tubo aberto nas 2 extremidades, enquanto o trombone é aberto apenas em uma delas. Considere um oboé e um trombone de mesmo comprimento (L), em uma região em que a velocidade do som no ar é igual (v). É correto afirmar que as frequências (f_n) produzidas pelo oboé e pelo trombone, respectivamente, são iguais a

a) $f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

$f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

b) $f_n = nv/4L$, com $n = 1,2,3,4\dots$

$f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$

c) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$

$f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

d) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$

$f_n = nv/2L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

e) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

$f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

Comentários:

De acordo com o que foi colocado em questão anterior, as frequências de ressonância dos tubos sonoros são dadas pelas relações abaixo:

- **Aberto**



$$f = \frac{N.V}{2.L}$$

Com $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$

- **Fechado**

$$f = \frac{N.V}{4.L}$$

Com $n = 1, 3, 5, 7, \dots$

Portanto, gabarito **letra D**.

18. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Sabe-se que o espectro de ondas eletromagnéticas é muito vasto. Em ordem crescente de comprimento de onda, temos, em um extremo do espectro, os raios γ , que são altamente energéticos, enquanto as ondas de rádio longas se encontram no extremo oposto. Em regiões intermediárias, temos a luz visível, ondas infravermelho e ultravioleta, micro-ondas, raios-X etc. Assinale a alternativa que elenca corretamente os tipos de ondas, em ordem crescente de frequência.

- a) Raios-X, luz visível, micro-ondas.
- b) Infravermelho, ultravioleta, luz visível.
- c) Infravermelho, ultravioleta, raios-X.
- d) Luz visível, raios γ , ultravioleta.
- e) Ultravioleta, raios-X, micro-ondas.

Comentários:

Olha aí mais uma questão de ondas eletromagnéticas, envolvendo a ideia de espectro eletromagnético.

A questão requer a ordem crescente de frequência, que é a ordem decrescente dos comprimentos de onda, uma vez que são grandezas inversamente proporcionais.

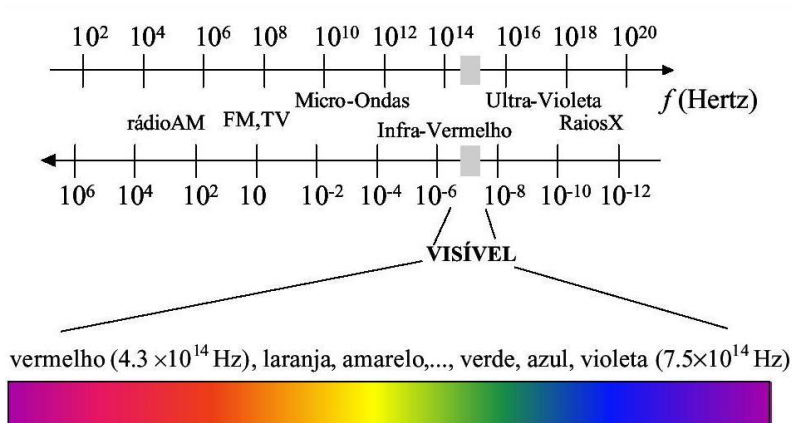
Lembre-se de que a expressão que nos garante isso é a seguinte:



$$V = \lambda \cdot f \Rightarrow c = \lambda \cdot f$$

Como o produto das duas grandezas é constante, então são inversamente proporcionais.

Vamos relembrar o espectro eletromagnético:

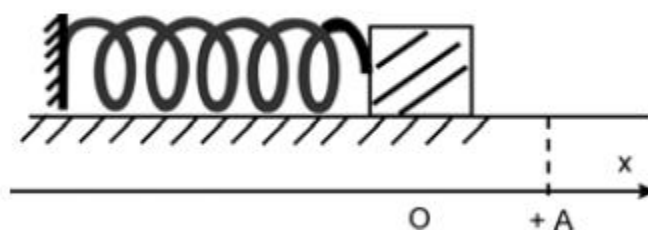


Assim, podemos afirmar que a ordem crescente de frequência é o infravermelho, ultravioleta e os raios X.

Aliás, no infravermelho, o prefixo infra, que lembra menor, faz referência à frequência, assim como o ultravioleta.

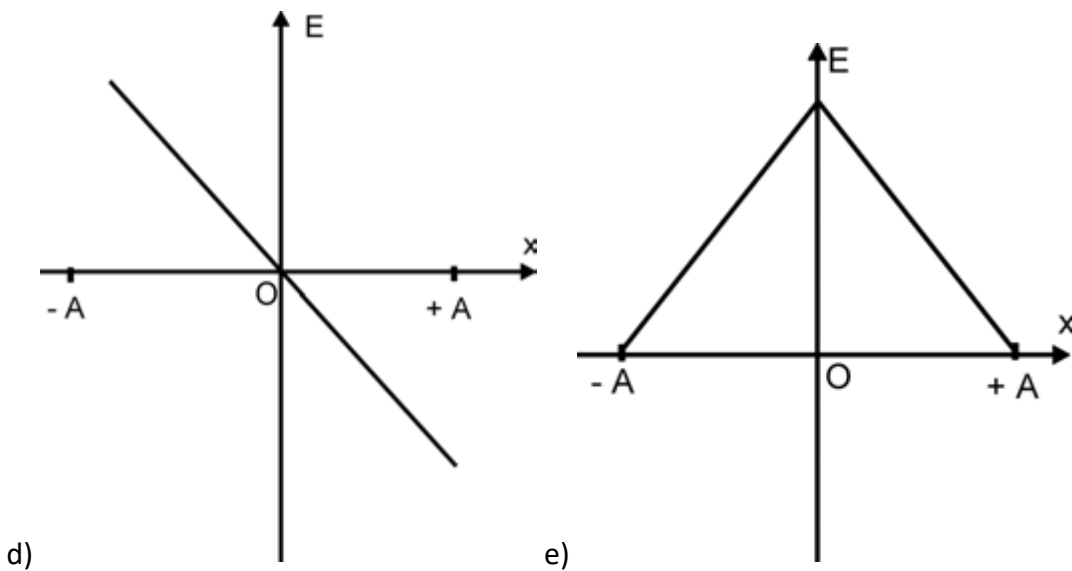
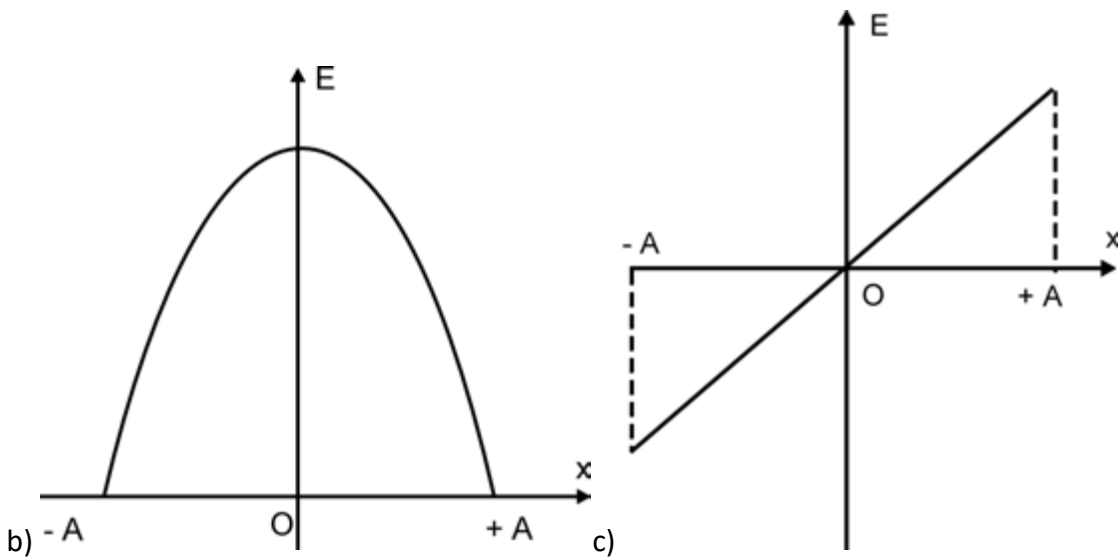
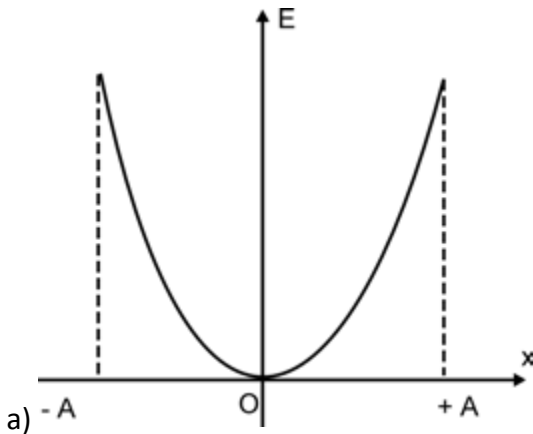
Portanto, gabarito **letra C**.

19. (SEED – SP) A figura representa um sistema massa-mola em repouso, sobre um plano horizontal, sem atrito. O bloco, em repouso na origem do eixo x , é deslocado até a posição $+A$ e, abandonado, passa a oscilar livremente.



Assinale qual dos gráficos melhor representa a energia potencial elástica, E , desse sistema, em função da posição, x .





Comentários:

Essa questão nos mostra um sistema muito comum de cair em provas, o sistema massa-mola, composto por uma massa e uma mola ideal no plano horizontal.



As energias acumuladas nesse tipo de sistema são do tipo potencial elástica e cinética.

Abaixo segue um resumo teórico sobre esse tema:

- **Análise energética do MHS**

Vamos fazer agora uma análise energética do MHS, observando em que pontos temos cada tipo de energia.

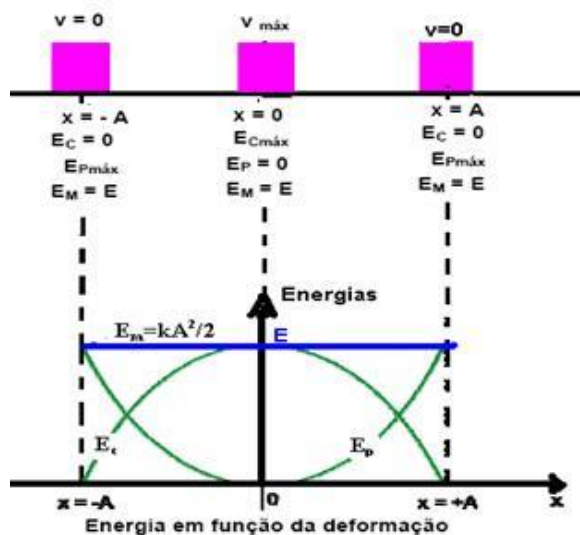
O MHS é um **sistema mecânico**, no qual a energia é do tipo mecânica e sendo mecânica será fruto de dois tipos de energia, que são a **potencial e a cinética**.

$$E_{MHS} = E_{Cinética} + E_{Potencial}$$

A energia potencial será a energia potencial elástica, fruto da deformação da mola (elástica).

$$E_{MHS} = \frac{m.v^2}{2} + \frac{k.\Delta x^2}{2}$$

Graficamente,



Entendendo a figura acima, podemos resumi-la da seguinte forma:

- No ponto de alongação nula, ou seja, **na origem** a energia é apenas **do tipo cinética**, uma vez que a mola não está deformada nesse ponto.



- Nos **pontos de alongação máxima (pontos de inversão do movimento)**, a energia mecânica é apenas do tipo **potencial elástica**, pois são pontos de inversão de movimento, no qual a **velocidade se anula**.

O cálculo da **energia mecânica total** será feito da seguinte forma:

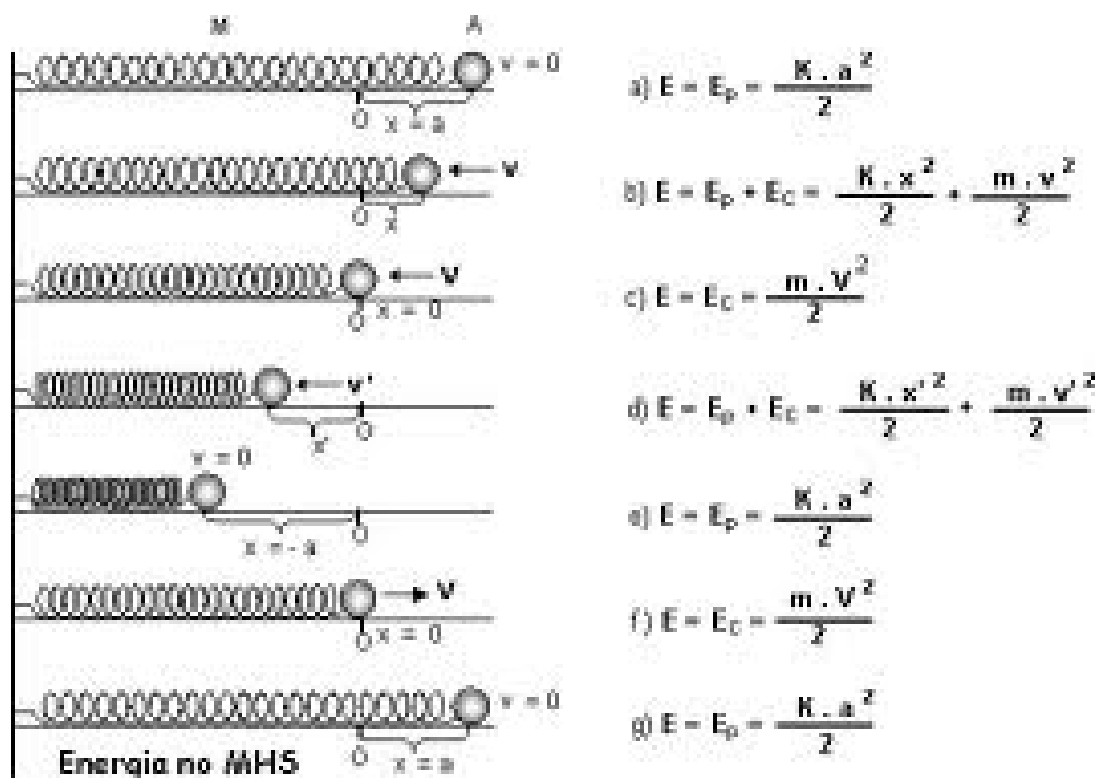
- Se o sistema é conservativo, ou seja, a energia mecânica é constante, então podemos utilizar o fato de que a energia é apenas potencial elástica nos pontos de inversão do movimento e calcular a energia mecânica.

$$E_{MHS} = 0 + \frac{k.A^2}{2}$$

$$E_{MHS_{Total}} = \frac{k.A^2}{2}$$

Essa energia se mantém constante, pois os atritos são desprezíveis, o sistema é do tipo conservativo.

Na figura abaixo temos vários pontos nos quais faz-se uma análise energética do sistema.



Não há energia potencial gravitacional, pois não há variação de alturas.

Assim, basta aplicar a fórmula da energia potencial elástica:

$$E_{pot_{El}} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$
$$y = \frac{K}{2} \cdot x^2$$

Portanto, estamos diante de uma equação de uma parábola, que passa pela origem.

O item mais adequado é o A, pois a parábola tem de ser com a concavidade para cima.

Portanto, gabarito **letra A**.

20. (SEED – SP) A radiação ultravioleta que atinge a Terra, cuja maior fonte é o Sol, além de bronzear a nossa pele, pode produzir efeitos danosos à nossa saúde e até destruir toda a vida em nosso planeta. No entanto, por enquanto, estamos protegidos pela camada de ozônio existente na estratosfera, que bloqueia quase toda a radiação ultravioleta que chega à Terra. A ação protetora do ozônio se deve à sua capacidade de

- a) reduzir a velocidade de propagação da radiação ultravioleta.
- b) alterar a frequência da radiação ultravioleta.
- c) refletir a radiação ultravioleta.
- d) refratar a radiação ultravioleta.
- e) absorver a radiação ultravioleta.

Comentários:

O ozônio presente na camada da atmosfera é responsável pela filtragem dos raios ultravioletas, que são prejudiciais à saúde.

O funcionamento da camada é simples, ela reflete parte da radiação, funcionando como um filtro.

Portanto, gabarito **letra C**.

21. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) No dia-a-dia, há pessoas que usam como sinônimos a altura e a intensidade do som. Do ponto de vista físico, isso corresponde a um equívoco, pois essas são grandezas distintas que correspondem, respectivamente, a

- a) amplitude e comprimento.



- b) frequência e velocidade.
- c) timbre e comprimento.
- d) timbre e comprimento.
- e) amplitude e timbre.

Comentários:

A questão versa sobre as qualidades fisiológicas do som.

O som possui algumas qualidades fisiológicas, acompanhe um resumo acerca das qualidades fisiológicas do som:

O som possui algumas características fundamentais que são conhecidas como qualidade sonoras, estamos falando de altura, intensidade e timbre.

Vamos estudar separadamente cada uma dessas características.

a) Altura

Altura de um som, bem diferentemente do que você pensa não está associada ao volume do seu aparelho de som. Altura está relacionada à frequência do som.

- Som alto: som agudo, frequência alta
- Som baixo: som grave, frequência baixa

As mulheres, portanto, falam alto, enquanto os homens em geral falam baixo.

A frequência de um som é uma característica muito importante. Quem é músico sabe que a acústica explica muitos fenômenos da música.

b) Intensidade

Aqui aparecerão algumas fórmulas básicas que eu acredito que não cairão na prova de vocês, mas colocarei nesse ponto, por acreditar que podem cair, e se caírem você cravará mais um ponto na sua caminhada rumo à vaga.

A intensidade sim está associada ao volume do seu aparelho de som.

Quando você diz: “aumenta o som aí que eu quero ouvir daqui de longe!”.

Você na verdade está pedindo para aumentar a intensidade do som que está saindo de alguma fonte sonora.

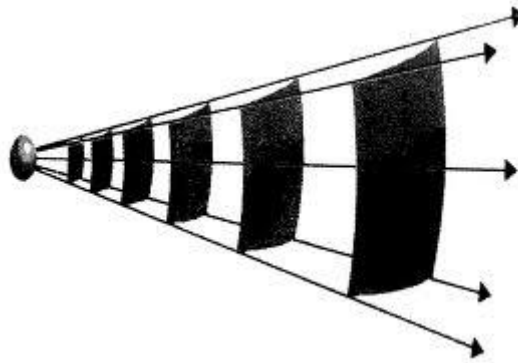
A intensidade possui uma fórmula, que é a seguinte:



$$I = \frac{Pot}{Área} = \frac{Pot}{4.\pi.R^2}$$

A unidade de intensidade é o W/m².

Aqui estamos levando em conta que a onda sonora é tridimensional e a área da superfície formada pela frente de onda é uma superfície esférica.



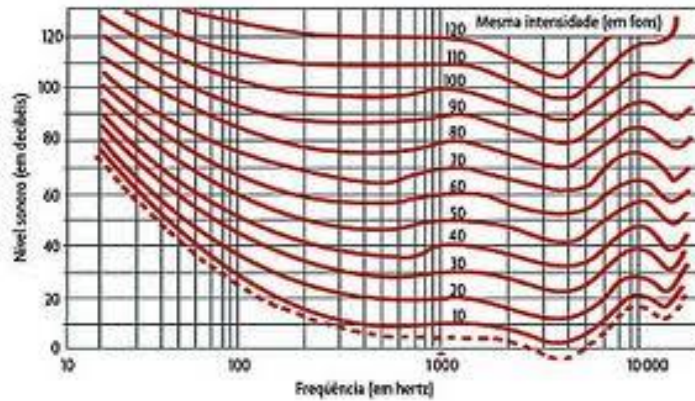
A intensidade está ligada diretamente à amplitude da onda, ou seja, uma onda muito intensa é uma onda com grande amplitude.

OBS.: Nível de intensidade sonora.

Na prática, acabamos não trabalhando com a intensidade propriamente dita, trabalharemos com outra grandeza que é o nível de intensidade sonora, representado pela letra N.

Existe uma intensidade mínima de audibilidade chamada de limiar de audibilidade, trata-se de uma intensidade mínima, abaixo da qual não se pode ouvir nenhum som. Esse limiar depende da frequência do som ele tem um valor mínimo para frequências na região entre 1.000 e 10.000Hz.

A curva abaixo mostra a intensidade do som no limiar de audibilidade para diferentes frequências.



Mas o nível de intensidade sonora não é idêntico à intensidade, existe uma fórmula matemática que o relaciona com a intensidade propriamente dita.

$$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Onde I_0 é a intensidade mínima, no limiar de audibilidade.

A Unidade do nível de intensidade sonora é o dB (decibel).

O nível de intensidade sonora é uma forma de trabalhar a intensidade de forma mais cômoda, uma vez que os valores de intensidade são muito pequenos.

Para ilustrar, veja a tabela abaixo onde constam alguns níveis sonoros de alguns sons emitidos no dia a dia.



c) Timbre

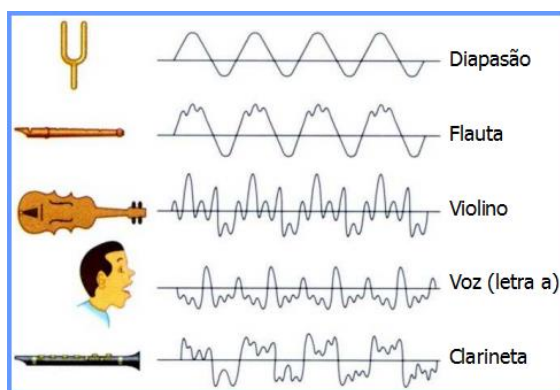


A última qualidade do som a ser estudada por nós nessa aula chama-se timbre, e ele está ligado aos harmônicos de um instrumento.

Você já deve ter percebido que uma nota “Lá” emitida em um violão é bem diferente da mesma nota emitida em um piano.

Isso acontece porque o piano possui seus harmônicos, assim como o violão, são características do próprio instrumento que permitem diferenciar dois sons de mesma altura e mesma intensidade emitidos por dois instrumentos diferentes.

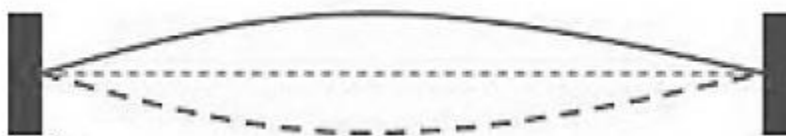
Na sua prova o que pode cair relacionado a timbre é o conceito puro, por isso não precisamos de mais delongas nesse ponto.



Acima você nota que um som de mesma frequência (a onda se repete sempre no mesmo intervalo de tempo), possui formas bem diferentes, que caracterizam o som particular de cada instrumento.

Portanto, gabarito **letra D**.

22. (UPE – SESC/PE) Uma corda de comprimento 50 cm e de massa 1 g está presa em ambas as extremidades sob tensão $F = 80$ N, conforme ilustra a figura abaixo. Qual é a frequência fundamental de vibração dessa corda?



a) 100 Hz

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

Comentários:

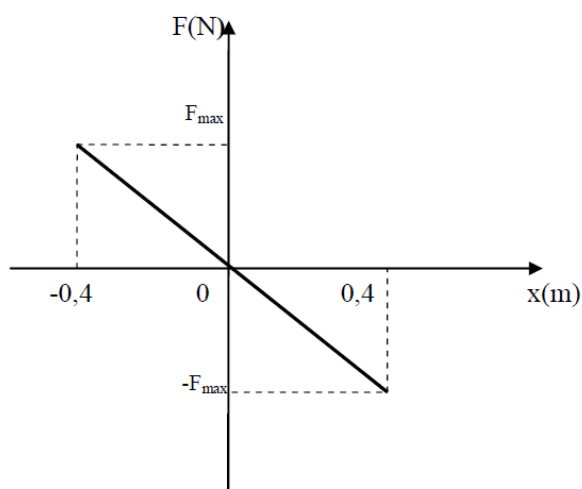
Vamos ter de encontrar a frequência fundamental da corda vibrante.

Basta aplicar a fórmula de Taylor:

$$f_1 = \frac{V}{\lambda} = \frac{1.V}{2.L}$$
$$f_1 = \frac{\sqrt{\frac{F}{\mu}}}{2.L} = \frac{\sqrt{\frac{80}{1.10^{-3} / 50.10^{-2}}}}{2.50.10^{-2}} = 200Hz$$

Portanto, gabarito **letra B**.

23. (IFSC – PROFESSOR DE ENSINO TECNOLÓGICO). Considere um oscilador harmônico simples formado por uma mola de massa desprezível e um bloco de massa 2kg que desliza sobre uma superfície sem atrito. O oscilador tem seu ponto de equilíbrio em $x=0$. O gráfico mostra o módulo da força aplicada sobre o bloco em função do seu deslocamento, sendo $F_{\text{máx}}=80\text{N}$ o valor máximo da força aplicada.



Frente ao exposto, coloque V para a afirmação verdadeira ou F para a afirmação falsa:

I - O período do movimento é de 0,63s.

II - A maior velocidade assumida pelo bloco tem módulo de 4m/s.

III - A energia cinética máxima do movimento é de 32J.

IV - A aceleração máxima experimentada pelo bloco tem módulo 4m/s².

a) V – F – V – F

b) F – V – V – V

c) V – V – F – F

d) F – V – V – F

e) F – F – F – V

Comentários:

Vamos analisar item a item.

I. Verdadeira.

A força máxima é de 80N e a massa é de 2kg. Assim, a aceleração será de:

$$F = m.a$$
$$80 = 2.a$$
$$a_{m\acute{a}x} = 40m / s^2$$

Agora basta aplicar a ideia da aceleração máxima no MHS:



$$a_{m\acute{a}x} = \omega^2 \cdot A$$
$$40 = \left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \right)^2 \cdot 0,4$$
$$\frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} = 100 \rightarrow T^2 = 0,4$$
$$T = 0,63s$$

II. Verdadeira.

A velocidade maxima atingida será dada por:

$$V_{m\acute{a}x} = \omega \cdot A$$
$$V_{m\acute{a}x} = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot A$$
$$V_{m\acute{a}x} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,63} \cdot 0,4$$
$$V_{m\acute{a}x} = 4m / s$$

III. Falso.

A energia cinética máxima será dada por:

$$En_{CinM\acute{a}x} = \frac{m \cdot V_{m\acute{a}x}^2}{2}$$
$$En_{CinM\acute{a}x} = \frac{2 \cdot 4^2}{2} = 16J$$



IV. Falso. A aceleração máxima é atingida quando a força é máxima, conforme visto no item I a aceleração máxima vale 40m/s^2 .

Portanto, gabarito **letra C**.

24. (IFGO – PROFESSOR DE ENSINO TECNOLÓGICO) Uma corda de comprimento L é esticada com uma tração T . A tração na corda é ajustada até que a velocidade das ondas na corda em vibração, no modo fundamental, seja o dobro da velocidade do som no ar. Aproxima-se da corda em vibração os tubos I, II e III relacionados na tabela.

| Tubo | Uma extremidade aberta | Duas extremidades abertas | Comprimento |
|------|------------------------|---------------------------|-------------|
| I | X | | L |
| II | X | | $2L$ |
| III | | X | $L/2$ |

O tubo em que o som produzido pela corda provoca ressonância e seu modo de oscilação n são:

- a) Tubo I e $n= 1$.
- b) Tubo II e $n= 2$.
- c) Tubo II e $n= 3$.
- d) Tubo III e $n= 1$.
- e) Tubo III e $n= 2$.

Comentários:

Vamos calcular a frequência de vibração da corda vibrante e depois a frequência do tubo sonoro em função do número n do modo de oscilação.

I. Tubo I:

Trata-se de um tubo fechado, no qual temos apenas uma extremidade aberta.

$$f_{tubo} = \frac{N \cdot V_{tubo}}{4 \cdot L}$$

A frequência de oscilação da corda será dada por:



$$f_{corda} = \frac{N \cdot V_{corda}}{2 \cdot L}$$

Para N = 1:

$$f_{tubo} = \frac{N \cdot V_{tubo}}{4 \cdot L} = \frac{V_{tubo}}{4 \cdot L}$$

$$f_{corda} = \frac{N \cdot V_{corda}}{2 \cdot L} = \frac{1 \cdot 2 \cdot V_{tubo}}{2 \cdot L} = \frac{V_{tubo}}{L}$$

Não são frequências iguais.

Vamos agora verificar o tubo II, com N = 2:

$$f_{tubo} = \frac{N \cdot V_{tubo}}{4 \cdot (2L)} = \frac{2 \cdot V_{tubo}}{(8L)} = \frac{V_{tubo}}{(4L)}$$

$$f_{corda} = \frac{N \cdot V_{corda}}{2 \cdot L} = \frac{1 \cdot 2 \cdot V_{tubo}}{2 \cdot L} = \frac{V_{tubo}}{L}$$

Não são frequências iguais.

Vamos agora verificar a frequência para o tubo II, com N = 3

$$f_{tubo} = \frac{N \cdot V_{tubo}}{4 \cdot (2L)} = \frac{3 \cdot V_{tubo}}{(8L)} = \frac{3V_{tubo}}{(8L)}$$



$$f_{\text{corda}} = \frac{N.V_{\text{corda}}}{2.L} = \frac{1.2.V_{\text{tubo}}}{2.L} = \frac{V_{\text{tubo}}}{L}$$

Vamos passar então para o tubo III, que é um tubo aberto nas duas extremidades.

Para $N = 1$, no tubo:

$$f_{\text{tubo}} = \frac{N.V_{\text{tubo}}}{2.L} = \frac{1.V_{\text{tubo}}}{2 \cdot \frac{L}{2}} = \frac{V_{\text{tubo}}}{L}$$

Para a corda:

$$f_{\text{corda}} = \frac{N.V_{\text{corda}}}{2.L} = \frac{1.2.V_{\text{tubo}}}{2.L} = \frac{V_{\text{tubo}}}{L}$$

Portanto, para o tubo III, com $N = 1$, temos as frequências idênticas, e isso nos leva a crer que ocorrerá o fenômeno da ressonância.

Portanto, gabarito **letra D**.

25. (CESGRANRIO – PETROBRÁS - GEOFÍSICO JÚNIOR) Uma onda senoidal transversal se propaga por uma corda e é descrita pela expressão $y = 0,10 \sin(x + 100t + \pi/2)$ em unidades do Sistema Internacional (SI). Um pequeno elemento de corda, de massa $m = 2,0$ g, é localizado em $x = 0$. No instante $t = 0$, a energia cinética do elemento descrito é

- a) 1,0 J
- b) 0,10 J
- c) 0,010 J
- d) 0,0010 J
- e) 0,0 J

Comentários:



No instante $t = 0$ o corpo está na origem do sistema cartesiano. Assim, podemos afirmar que sua velocidade é a máxima possível. Como estamos lidando com uma onda senoidal, portanto harmônica, podemos dizer que a velocidade máxima será dada por:

$$V_{máx} = \omega \cdot A$$
$$V_{máx} = \frac{2\pi}{T} \cdot A$$

Lembre-se de que foi dito que o elemento $2\pi/T$ é aquele que acompanha o fator tempo na função de onda. Logo, $2\pi/T = 100$. Por outro lado, a amplitude do movimento é igual ao termo que fica fora do parêntese, multiplicando a função seno. Assim, $A = 0,1\text{m}$

Portanto:

$$V_{máx} = \omega \cdot A$$
$$V_{máx} = \frac{2\pi}{T} \cdot A = 100 \cdot 0,1 = 10\text{m} / \text{s}$$

Calculando a energia cinética:

$$E_{Cin} = \frac{m \cdot V_{Máx}^2}{2}$$
$$E_{Cin} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2}{2}$$
$$E_{Cin} = 10^{-1} = 0,1\text{J}$$

Portanto, gabarito **letra B**.

26. (CESGRANRIO – PETROBRÁS - GEOFÍSICO JÚNIOR) Um tubo musical, cilíndrico, fino e do tipo aberto-aberto, ressoa com uma onda estacionária com frequência $f = 690,0$ Hz. O menor comprimento L que esse tubo pode ter, em m, para sustentar tal frequência de ressonância é

Dado: velocidade do som $v = 345,0$ m/s.

a) 0,25



- b) 0,50
- c) 1,0
- d) 2,0
- e) 4,0

Comentários:

Vamos utilizar a fórmula do tubo aberto e encontrar o menor valor de L.

$$f_{tubo} = \frac{N \cdot V_{tubo}}{2 \cdot L} \Rightarrow L = \frac{N \cdot V_{tubo}}{2 \cdot f_{tubo}}$$
$$L = \frac{N \cdot 345}{2 \cdot 690} = \frac{N}{4}$$

O menor valor de N = 1.

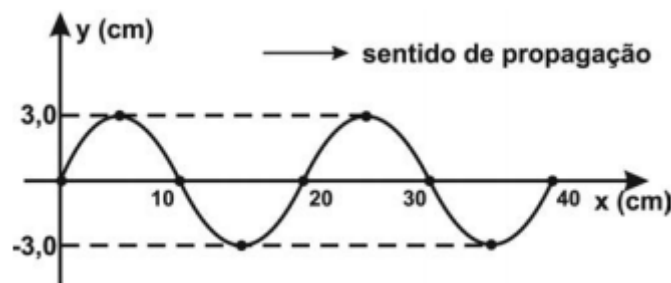
Portanto, o menor valor de L será $\frac{1}{4}$ m = 0,25m ou 25cm.

Portanto, gabarito **letra A**.



LISTA DE QUESTÕES

1. (PR-4 - UFRJ - Técnico em Mecânica/ 2018) A figura a seguir mostra uma onda se propagando em uma corda.



Considerando que essa onda tem velocidade de propagação de 400 cm/s, a sua frequência em Hertz é:

- a) 40
- b) 133
- c) 120
- d) 20
- e) 30

2. (FCC - Câmara Legislativa do Distrito Federal - Técnico Legislativo/2018) As ondas sonoras, assim como todos os outros tipos de onda, sofrem reflexão, refração, difração e interferência, mas uma onda sonora não pode ser polarizada por ser longitudinal – e não transversal. A reflexão do som pode dar origem ao reforço, à reverberação e ao eco. A refração é

- a) o fenômeno que ocorre quando as ondas sonoras encontram um determinado obstáculo e são impedidas de continuar a sua propagação.
- b) o fenômeno no qual observa-se a onda sonora modificar seu comprimento de onda.
- c) a distorção da propagação retilínea do som, quando este contorna um obstáculo.
- d) o fenômeno que permite ouvir isoladamente o mesmo som emitido e refletido.
- e) o som direto e som refletido chegam no mesmo instante.



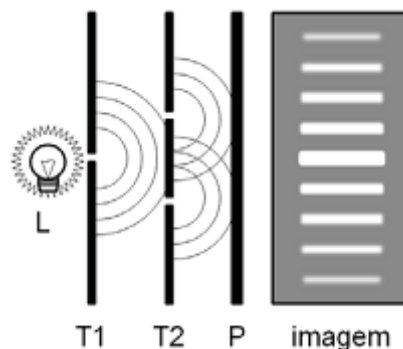
3. (CESGRANRIO - LIQUIGÁS - Técnico Químico/ 2018) Um determinado tipo de radiação eletromagnética se propaga com comprimento de onda de 600 nm.

A frequência dessa radiação, em Hz, é igual a

Dado Velocidade da luz no vácuo: 3×10^8 m/s

- a) $2,0 \times 10^{-15}$
- b) $2,0 \times 10^{-6}$
- c) $5,0 \times 10^5$
- d) $5,0 \times 10^{10}$
- e) $5,0 \times 10^{14}$

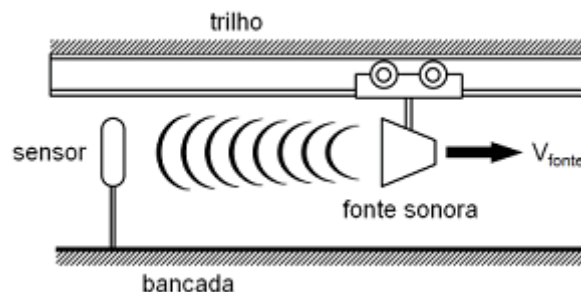
4. (CESGRANRIO - Petrobras/2017) O dispositivo da Figura abaixo é conhecido como Experiência de Young. Uma lâmpada L emitindo luz monocromática é posta diante de uma tela opaca, T1, que tem uma fenda estreita. Atrás da tela T1, é colocada outra tela opaca, T2, que tem duas fendas estreitas, ambas iguais à fenda da tela T1. A luz chega ao anteparo P e produz a imagem disposta ao lado, com franjas claras e escuras.



O fenômeno que produz o padrão representado na imagem é denominado

- a) ressonância
- b) batimento
- c) refração
- d) polarização
- e) interferência

5. (CESGRANRIO - 2017 - Petrobras/2017) Um experimento para medir frequências consiste em um sensor preso a uma bancada e um carro, com fonte sonora, que se desloca em um trilho, à velocidade constante e igual a 25% da velocidade do som, como mostra a Figura abaixo.



Qual é a razão entre a frequência da onda percebida pelo sensor e a frequência da onda emitida pela fonte?

- a) 0,75
- b) 0,80
- c) 1,00
- d) 1,25
- e) 1,33

6. (UniRV - GO - Auxiliar de Laboratório/ 2017) A luz é um fenômeno complexo e compreender sua natureza é um dos principais objetivos da Física. Dessa maneira, marque a opção que descreve erroneamente uma das propriedades da luz.

- a) A luz sofre refração, ou seja, altera sua velocidade quando altera o meio de propagação.
- b) A luz sofre difração, ou seja, quando a luz encontra obstáculos com aberturas de dimensão próxima ao comprimento de onda, parte da onda que passa pela abertura se alarga.
- c) A luz pode sofrer polarização, ou seja, a luz que antes se propagava em todos os planos, ao passar por um filtro polarizador, passa a se propagar em um único plano.
- d) A luz pode sofrer reflexão, ou seja, quando a luz incide em uma superfície totalmente transparente, parte da luz é refletida com um ângulo de reflexão igual ao ângulo incidente.



7. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - UFVJM-MG / 2017) Um professor faz duas montagens em um laboratório de óptica. Na primeira delas, uma fonte de luz coerente incide sobre uma minúscula fenda, na qual a luz é projetada em um determinado anteparo. Na segunda, a mesma fonte de luz incide sobre duas fendas minúsculas e também é projetada sobre esse anteparo.

Com esses dois experimentos, o professor pretende mostrar os fenômenos ópticos, respectivamente:

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

8. (FUNDEP (Gestão de Concursos) - UFVJM-MG - Técnico de Laboratório / 2017) Em um tanque, de profundidade constante e preenchido com água, um estudante bate uma régua, em uma de suas extremidades, uma vez a cada 2,0 segundos. Ao atingir a extremidade oposta do tanque de 60,0 cm, nota-se que o tanque possui 7 cristas, cuja distância total entre elas é o comprimento do tanque.

Nessas condições, é possível concluir que o comprimento de onda e a velocidade da onda nesse meio são de, respectivamente:

- a) 8,6 cm e 4,3 cm/s.
- b) 10,0 cm e 5,0 cm/s.
- c) 17,2 cm e 8,6 cm/s.
- d) 20,0 cm e 10,0 cm/s.

9. (COPESE - UFJF - Técnico de Laboratório - Física/ 2017) A corda de um violão está afinada no lá fundamental (440 Hz) e tem o comprimento de 60 cm entre os pontos de apoio. É possível produzir um harmônico (múltiplo da frequência fundamental) ao tocar com o dedo levemente numa posição onde haveria um nó da frequência desejada no momento em que se percute a corda. Medida à partir de uma das extremidades da corda, qual a posição do nó para que a frequência produzida seja 1320 Hz?

- a) 10 cm
- b) 20 cm
- c) 30 cm
- d) 35 cm
- e) 50 cm



10. (FUNDEP (Gestão de Concursos) IFN-MG - Técnico em Laboratório - Física/ 2016) Analise a situação a seguir.

A fim de alertar a população com cuidados para sua segurança, um delegado resolveu gravar um vídeo e postar nas redes sociais. Nesse vídeo, ele explica um golpe comum aplicado por ladrões de veículos, no qual estes mantêm um controle remoto de portão de garagem acionado, enquanto o proprietário de um veículo aciona o controle do seu carro a fim de trancá-lo.

Estando o controle do portão acionado no instante em que o motorista aciona o seu controle, o veículo não é trancado. Sendo assim, motoristas descuidados, que não se certificam do trancamento de seu veículo, são furtados com facilidade.

O fenômeno da Física que melhor explica o que foi exposto nessa situação é:

- a) difração.
- b) polarização.
- c) interferência.
- d) dispersão.

11. (FUNDEP (Gestão de Concursos) IFN-MG - Técnico em Laboratório - Física/ 2016) Considere que em uma brincadeira de colegas, eles sugam pela boca gás hélio e cantam parabéns para uma outra colega da turma.

A voz dos colegas se modifica, nesse caso, porque:

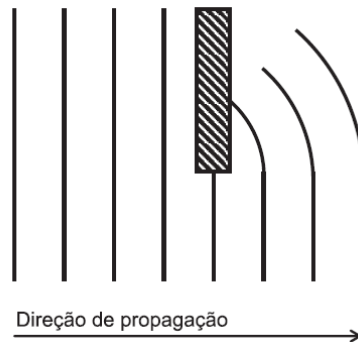
- a) a frequência do som se altera.
- b) a amplitude do som se altera.
- c) a velocidade de propagação do som se altera.
- d) a intensidade do som se altera.

12. (CESGRANRIO – PETROBRÁS – TÉCNICO DE OPERAÇÃO JÚNIOR) A radiação eletromagnética sensível ao olho humano é definida como luz visível. A faixa de comprimento de onda da luz visível varia de $400 \times 10^{-9} \text{ m}$ a $700 \times 10^{-9} \text{ m}$. A frequência que está dentro do espectro visível é Dado: A velocidade da luz no vácuo é de $300 \times 10^6 \text{ m/s}$.

- a) $60 \times 10^{17} \text{ Hz}$
- b) $60 \times 10^{16} \text{ Hz}$
- c) $60 \times 10^{15} \text{ Hz}$
- d) $60 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- e) $60 \times 10^{13} \text{ Hz}$



13. (CESGRANRIO – DECEA – CONTROLADOR DE TRÁFEGO AÉREO). A vista de cima de uma onda propagando-se na superfície de um líquido é mostrada na Figura abaixo, na qual as linhas representam as cristas da onda.



O fenômeno que se observa após a onda ultrapassar o obstáculo é a(o)

- a) difração
- b) interferência
- c) polarização
- d) batimento
- e) efeito Doppler

14. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Para determinar a frequência do som produzido por um diapasão, um estudante faz soar esse diapasão na borda superior de uma proveta de altura 30 cm, inicialmente vazia. À medida que ele coloca água nessa proveta, ele observa que o som mantém praticamente a mesma intensidade, mas há um sensível aumento dessa intensidade quando a proveta contém 10 cm de água. Acima dessa quantidade de água, a intensidade do som volta a baixar ao nível anterior e assim permanece até que a proveta esteja cheia. Considerando que a velocidade do som no ar é de 300 m/s, concluímos que a frequência fundamental do som produzido pelo diapasão, em Hz, era igual a

- a) 220
- b) 375
- c) 390
- d) 440
- e) 660



15. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Atualmente, há uma preocupação cada vez maior com a poluição sonora. Suponha que uma lei penalize quem produza ruídos que ultrapassem os níveis de intensidade sonora, estabelecidos na tabela a seguir.

| | DIURNO | NOTURNO |
|--------------------|--------|---------|
| Áreas residenciais | 50 dB | 45 dB |
| Áreas industriais | 70 dB | 60 dB |

Níveis de intensidade sonora de situações comuns do cotidiano são listados na próxima tabela.

| FONTE DO SOM | NÍVEL DE INTENSIDADE SONORA |
|-------------------|-----------------------------|
| Sirene | 110 dB |
| Cortador de grama | 100 dB |
| Buzina | 90 dB |
| Aspirador de pó | 70 dB |
| Carro silencioso | 50 dB |

Considere os seguintes grupos de pessoas que utilizassem, nas áreas residencial e industrial,

- I. um cortador de grama no período diurno;
- II. um carro silencioso no período noturno;
- III. um aspirador de pó no período noturno.

Se não houver nenhum outro atenuante na lei, seriam considerados infratores o(s) grupo(s)

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



16. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Uma corda de violão fixa entre duas extremidades separadas pela distância L_0 emite a frequência fundamental de 330 Hz quando vibra livremente. Para que essa mesma corda emita um som cuja frequência seja igual a 660 Hz, o comprimento entre as extremidades da corda deverá ser

- a) $L_0/4$.
- b) $L_0/2$.
- c) L_0 .
- d) $2L_0$.
- e) $4L_0$.

17. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Sabe-se que os tubos abertos são capazes de produzir som por causa de ondas estacionárias que se formam dentro deles. Os instrumentos de sopro produzem sons utilizando esse mesmo princípio, variando apenas certas características. O oboé, por exemplo, é um tubo aberto nas 2 extremidades, enquanto o trombone é aberto apenas em uma delas. Considere um oboé e um trombone de mesmo comprimento (L), em uma região em que a velocidade do som no ar é igual (v). É correto afirmar que as frequências (f_n) produzidas pelo oboé e pelo trombone, respectivamente, são iguais a

- a) $f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$
 $f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$
- b) $f_n = nv/4L$, com $n = 1,2,3,4\dots$
 $f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$
- c) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$
 $f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$
- d) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,2,3,4\dots$
 $f_n = nv/2L$, com $n = 1,3,5,7\dots$
- e) $f_n = nv/2L$, com $n = 1,3,5,7\dots$
 $f_n = nv/4L$, com $n = 1,3,5,7\dots$

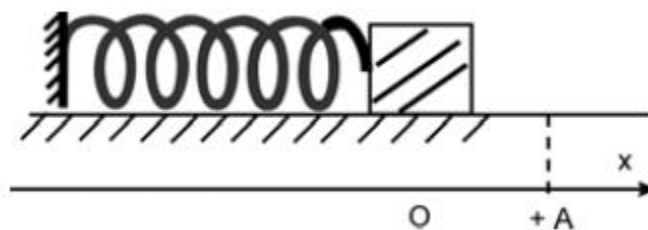
18. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) Sabe-se que o espectro de ondas eletromagnéticas é muito vasto. Em ordem crescente de comprimento de onda, temos, em um extremo do espectro, os raios γ , que são altamente energéticos, enquanto as ondas de rádio longas se encontram no extremo oposto. Em regiões intermediárias, temos a luz visível, ondas infravermelho e ultravioleta, micro-ondas, raios-X



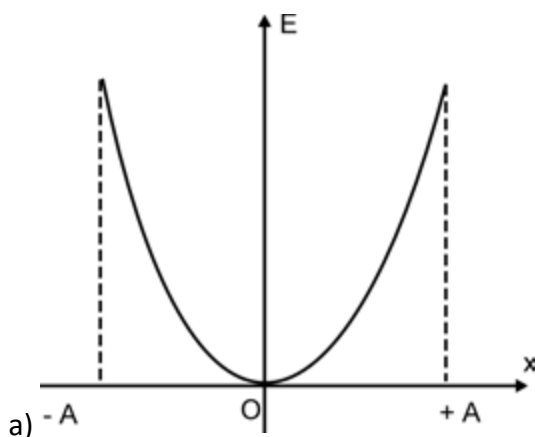
etc. Assinale a alternativa que elenca corretamente os tipos de ondas, em ordem crescente de frequência.

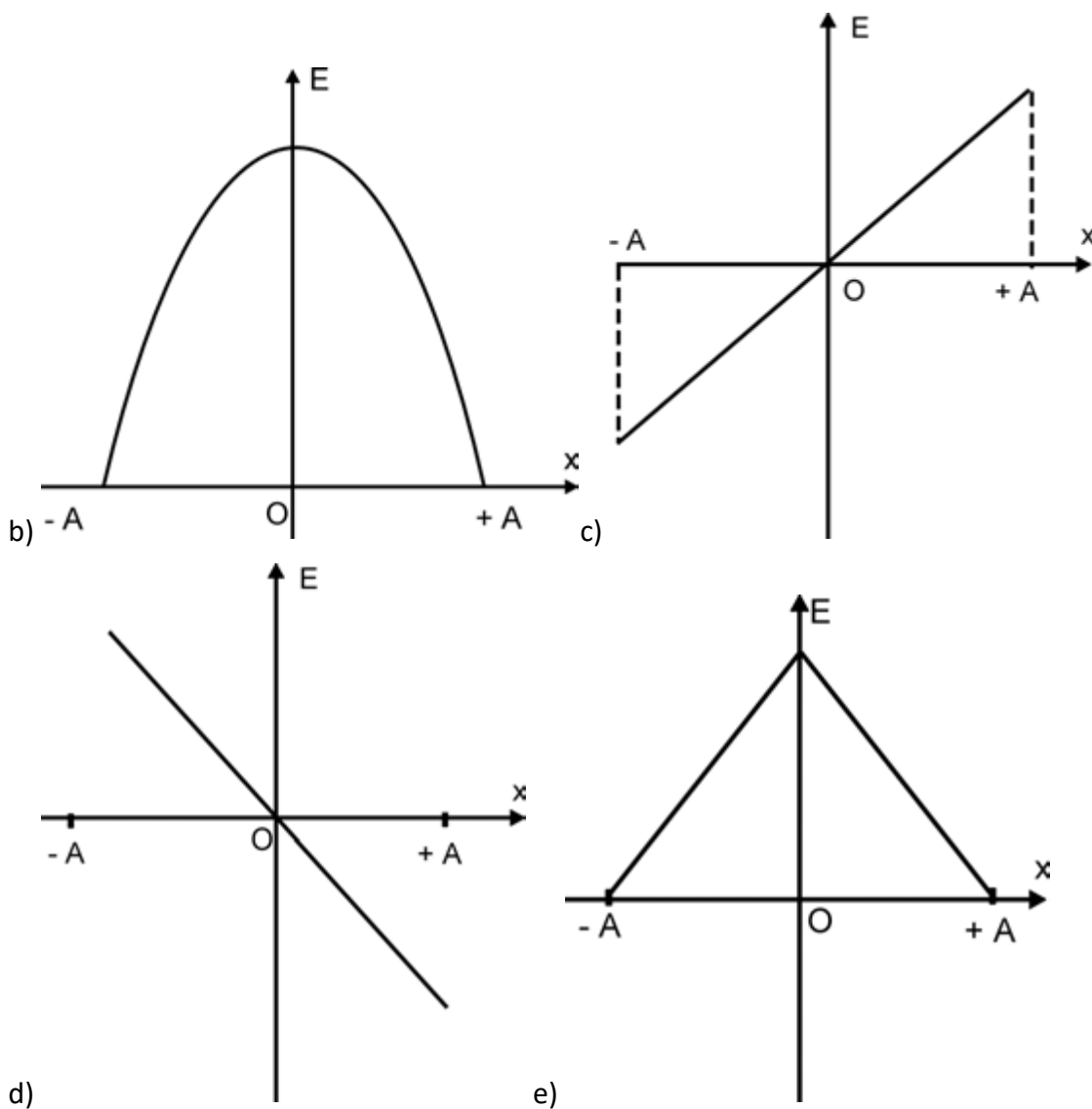
- a) Raios-X, luz visível, micro-ondas.
- b) Infravermelho, ultravioleta, luz visível.
- c) Infravermelho, ultravioleta, raios-X.
- d) Luz visível, raios γ , ultravioleta.
- e) Ultravioleta, raios-X, micro-ondas.

19. (SEED – SP) A figura representa um sistema massa-mola em repouso, sobre um plano horizontal, sem atrito. O bloco, em repouso na origem do eixo x , é deslocado até a posição $+A$ e, abandonado, passa a oscilar livremente.



Assinale qual dos gráficos melhor representa a energia potencial elástica, E , desse sistema, em função da posição, x .





20. (SEED – SP) A radiação ultravioleta que atinge a Terra, cuja maior fonte é o Sol, além de bronzear a nossa pele, pode produzir efeitos danosos à nossa saúde e até destruir toda a vida em nosso planeta. No entanto, por enquanto, estamos protegidos pela camada de ozônio existente na estratosfera, que bloqueia quase toda a radiação ultravioleta que chega à Terra. A ação protetora do ozônio se deve à sua capacidade de

- a) reduzir a velocidade de propagação da radiação ultravioleta.
- b) alterar a frequência da radiação ultravioleta.
- c) refletir a radiação ultravioleta.
- d) refratar a radiação ultravioleta.
- e) absorver a radiação ultravioleta.



21. (VUNESP – SEED-SP – PROFESSOR DE FÍSICA) No dia-a-dia, há pessoas que usam como sinônimos a altura e a intensidade do som. Do ponto de vista físico, isso corresponde a um equívoco, pois essas são grandezas distintas que correspondem, respectivamente, a

- a) amplitude e comprimento.
- b) frequência e velocidade.
- c) timbre e comprimento.
- d) timbre e comprimento.
- e) amplitude e timbre.

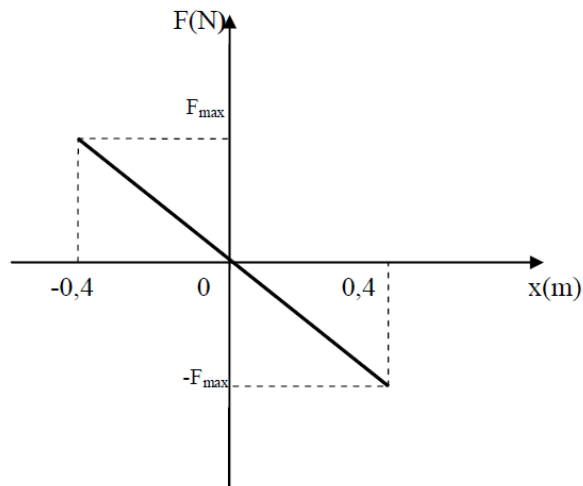
22. (UPE – SESC/PE) Uma corda de comprimento 50 cm e de massa 1 g está presa em ambas as extremidades sob tensão $F = 80 \text{ N}$, conforme ilustra a figura abaixo. Qual é a frequência fundamental de vibração dessa corda?



- a) 100 Hz
- b) 200 Hz
- c) 300 Hz
- d) 400 Hz
- e) 500 Hz

23. (IFSC – PROFESSOR DE ENSINO TECNOLÓGICO). Considere um oscilador harmônico simples formado por uma mola de massa desprezível e um bloco de massa 2kg que desliza sobre uma superfície sem atrito. O oscilador tem seu ponto de equilíbrio em $x=0$. O gráfico mostra o módulo da força aplicada sobre o bloco em função do seu deslocamento, sendo $F_{\text{máx}}=80\text{N}$ o valor máximo da força aplicada.





Frente ao exposto, coloque V para a afirmação verdadeira ou F para a afirmação falsa:

I - O período do movimento é de 0,63s.

II - A maior velocidade assumida pelo bloco tem módulo de 4m/s.

III - A energia cinética máxima do movimento é de 32J.

IV - A aceleração máxima experimentada pelo bloco tem módulo 4m/s².

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

$$V_{máx} = \omega \cdot A$$
$$V_{máx} = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot A$$
$$V_{máx} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,63} \cdot 0,4$$
$$V_{máx} = 4m / s$$

III. Falso.



A energia cinética máxima será dada por:

$$En_{CinMáx} = \frac{m.V_{máx}^2}{2}$$
$$En_{CinMáx} = \frac{2.4^2}{2} = 16J$$

IV. Falso. A aceleração máxima é atingida quando a força é máxima, conforme visto no item I a aceleração máxima vale $40m/s^2$.

Portanto, gabarito **letra C**.

24. (IFGO – PROFESSOR DE ENSINO TECNOLÓGICO) Uma corda de comprimento L é esticada com uma tração T . A tração na corda é ajustada até que a velocidade das ondas na corda em vibração, no modo fundamental, seja o dobro da velocidade do som no ar. Aproxima-se da corda em vibração os tubos I, II e III relacionados na tabela.

| Tubo | Uma extremidade aberta | Duas extremidades abertas | Comprimento |
|------|------------------------|---------------------------|-------------|
| I | X | | L |
| II | X | | $2L$ |
| III | | X | $L/2$ |

O tubo em que o som produzido pela corda provoca ressonância e seu modo de oscilação n são:

- a) Tubo I e $n= 1$.
- b) Tubo II e $n= 2$.
- c) Tubo II e $n= 3$.
- d) Tubo III e $n= 1$.
- e) Tubo III e $n= 2$.



25. (CESGRANRIO – PETROBRÁS - GEOFÍSICO JÚNIOR) Uma onda senoidal transversal se propaga por uma corda e é descrita pela expressão $y = 0,10 \sin(x + 100t + \pi/2)$ em unidades do Sistema Internacional (SI). Um pequeno elemento de corda, de massa $m = 2,0$ g, é localizado em $x = 0$. No instante $t = 0$, a energia cinética do elemento descrito é

- a) 1,0 J
- b) 0,10 J
- c) 0,010 J
- d) 0,0010 J
- e) 0,0 J

26. (CESGRANRIO – PETROBRÁS - GEOFÍSICO JÚNIOR) Um tubo musical, cilíndrico, fino e do tipo aberto-aberto, ressoa com uma onda estacionária com frequência $f = 690,0$ Hz. O menor comprimento L que esse tubo pode ter, em m, para sustentar tal frequência de ressonância é

Dado: velocidade do som $v = 345,0$ m/s.

- a) 0,25
- b) 0,50
- c) 1,0
- d) 2,0
- e) 4,0



GABARITO

GABARITO



- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. D | 10. C | 19. A |
| 2. B | 11. C | 20. C |
| 3. E | 12. E | 21. D |
| 4. E | 13. A | 22. B |
| 5. B | 14. B | 23. C |
| 6. D | 15. D | 24. D |
| 7. C | 16. B | 25. B |
| 8. B | 17. D | 26. A |
| 9. B | 18. C | |



FÓRMULAS MAIS UTILIZADAS NA AULA

$$I = \frac{Pot}{Área} = \frac{Pot}{4.\pi.R^2}$$

$$N = 10.\log \frac{I}{I_0}$$

$$V = \lambda.f$$

$$V_{som_{gás}} < V_{som_{liq}} < V_{som_{sól.}}$$

$$\frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$f_{RES} = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$f_{Bat} = |f_1 - f_2|$$

$$f_D = f_o \frac{V_{som} \pm V_{obs}}{V_{som} \pm V_{fonte}}$$

$$f = \frac{N.V}{2.L}$$

$$f = \frac{N.V}{4.L}$$



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.