FOLHA 12

Apostila 6.
ÍNDICE

MAIS SOBRE FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

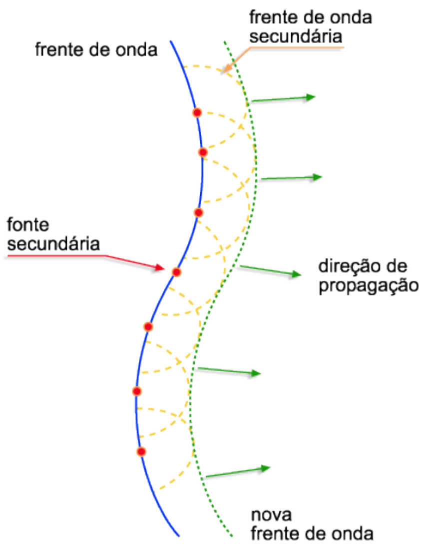
Após observarmos os itens 1 ao 4 abaixo, vamos resolver alguns exercícios da lista "Ondas Eletromagnéticas".

1. DIFRAÇÃO E ESPALHAMENTO

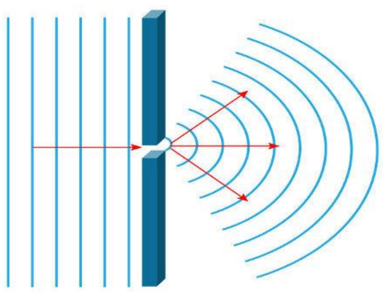
- A difração é a capacidade de contornar objetos de dimensões próximas ao comprimento de onda da onda incidente
- O espalhamento ocorre quando as dimensões dos objetos são muito menores que o comprimento de onda da onda incidente
- Falaremos disso em detalhes mais adiante

2. PRINCÍPIO DE HUYGENS

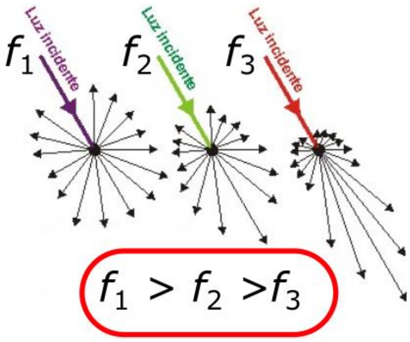
- Cada ponto de uma frente de onda se comporta como se fosse uma fonte de onda



- Podemos explicar o espalhamento e a difração usando este princípio

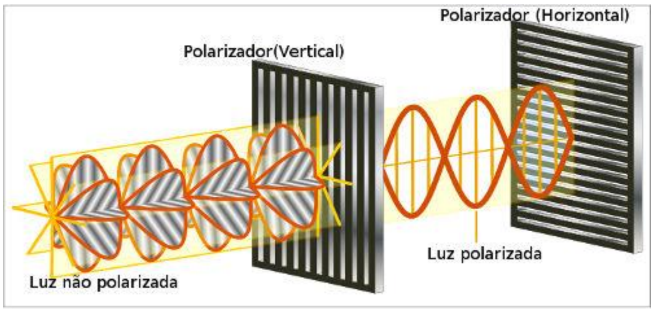


Difração: a fenda se comporta como uma fonte e a parede interromperá as ondas nas laterais.

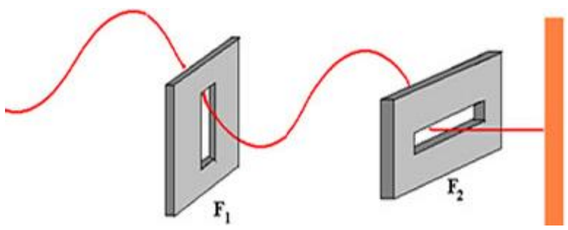


Quanto maior a frequência maior o espalhamento. Os pontos entorno das partículas se comportam como fontes.

3. POLARIZAÇÃO

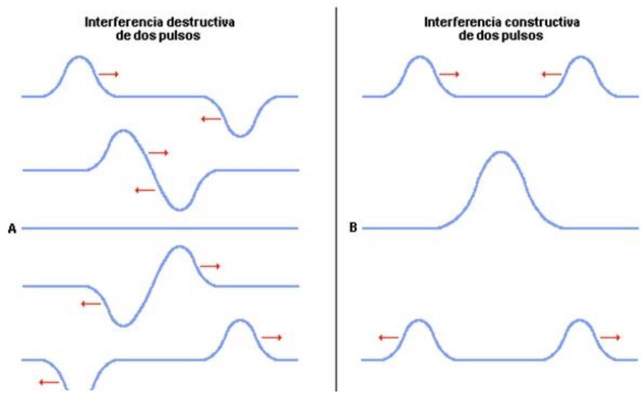


- Só podemos polarizar ondas transversais
- Um polarizador funciona como um filtro permitindo a passagem de uma parte da onda que oscila em direção específica
- É muito usado em óptica (display de calculadora, lentes etc.)



INTERFERÊNCIA DE ONDAS

- Sabemos que uma onda pode ser descrita matematicamente através de funções
- Da experiência, sabemos que quando duas ondas se superpõem, o resultado equivale à soma das duas funções que descrevem as duas ondas
- Não faremos isso matematicamente, apenas geometricamente



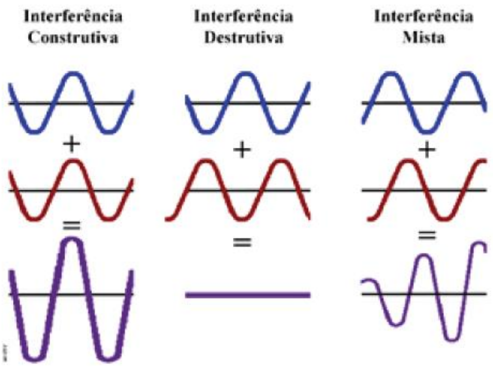
- Quando duas ondas estão em fase e se interferem, a amplitude final será a soma das duas ondas e chamamos isso de **interferência construtiva**
- Quando duas ondas estão em oposição de fase se superpõem (interferem), a amplitude resultante será a diferença das duas amplitudes e a isso chamamos de **interferência destrutiva**. Particularmente, se as duas ondas possuem a mesma amplitude, quando a amplitude resultante é zero, chamamos isso de **interferência totalmente destrutiva.**
- É importante destacar que a interferência é local: as duas ondas seguirão seus caminhos, após interagirem uma com a outra, como se nada tivesse acontecido.
- Se as duas ondas que interferirem possuírem frequências próximas, ocorrerá um fenômeno chamado de batimento cuja frequência será f_{bat}.

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

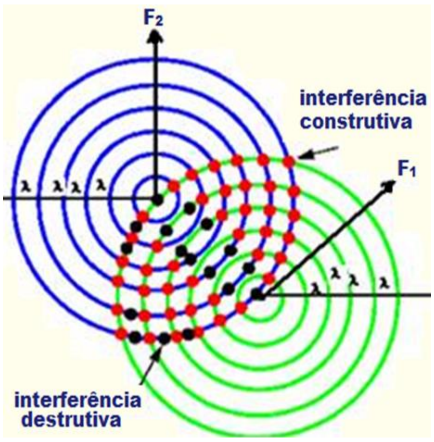
Enquanto a onda resultante terá frequência f_{result} dada por

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

Observe alguns casos de interferências:



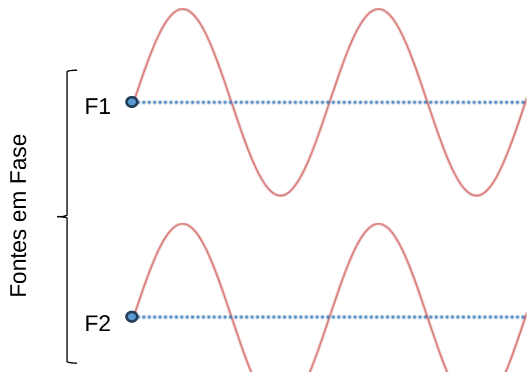
Em representação bidimensional, os vales são representados por linhas pontilhadas e as cristas por linhas cheias



Sabemos que ondas podemser descritas matematicamente, assim a interferência entre duas ondas corresponde à soma das funções que descrevem ambas as ondas.

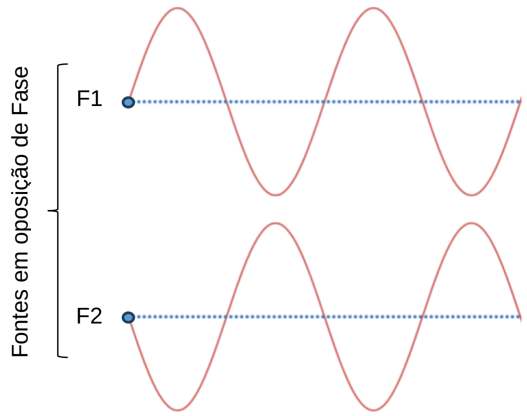
Quando temos ondas unidimensionais, a solução é mais simples: basta sobrepormos as duas ondas. Já no caso de interferência bidimensional, a situação é um pouco mais complicada.

Q. 1 – DIFERENÇA DE FASE INICIAL: FONTES EM FASE

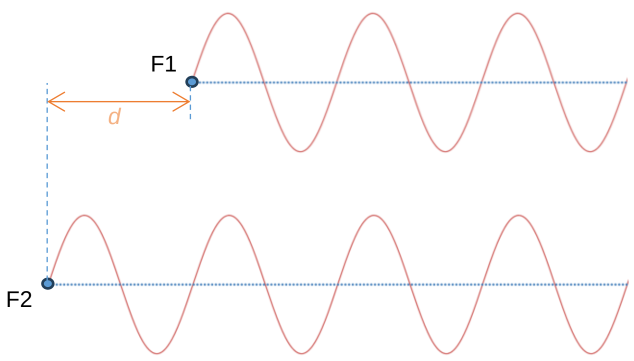


Q. 2– DIFERENÇA DE FASE INICIAL: OPOSIÇÃO DE FASE

Equivale a uma diferença de percurso de meio comprimento de onda.



Q. 3– DIFERENÇA DE FASE DEVIDO À DIFERENÇA DE CAMINHO



Sendo *d* a diferença de caminho percorridos pelas ondas emitidas pelas duas fontes, 1 e 2. Podemos encontrar o equivalente em comprimentos de onda fazendo uma regra de três:

$$\frac{\lambda - 2\pi}{d - x} \Rightarrow \boxed{x = \frac{d}{\lambda} \cdot 2\pi}.$$

Q. 4 – DIFERENÇA DE FASE DEVIDO À REFLEXÃO

Sempre que houver inversão de fase na reflexão, podemos considerar uma diferença de percurso de meio comprimento de onda ($\lambda / 2$).

Normalmente o enunciado fornece esta informação, porém:

- Quando a luz vai de um meio menos refringente para um meio mais refringente, há inversão de fase na onda refletica.
- Quando uma onda em uma corda vai de um meio onde a onda é mais rápida (corda mais fina) para uma corda onde a onda é mais lenta (corda mais grossa) a onda sofre inversão de fase.
- Ainda em cordas, há inversão de fase quando a corda possui uma extremidade fixa e não há invesão quando a extremidade é livre.
- Refletores perfeitos para ondas sonoras e eletromagnéticas também provocam inversão de fase.

Q. 5 – DIFERENÇA DE FASE TOTAL

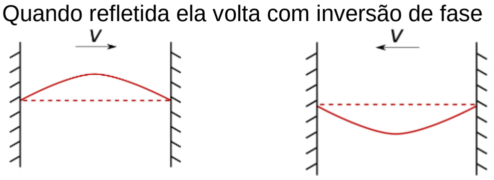
Para determinar se há interferência construtiva ou destrutiva, devemos somar todas as diferenças de fase. Se o rasultador for:

- Um múltiplo inteiro ($0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, 5\lambda, \ldots$) de comprimentos de onda, então a interferência é construtiva;
- Se for um múltiplo semi-inteiro ($\lambda / 2, 3\lambda / 2, 5\lambda / 2, 7\lambda / 2, \ldots$) de coprimentos de ondas, então a interferência é destrutiva

ONDAS ESTACIONÁRIAS

AMBAS AS EXTREMIDADES FIXAS

- Imagine uma onda produzida em uma corda com ambas as extremidades presas
- Quando refletida ela volta com inversão de fase



- Se o comprimento do fio tiver tamanho adequado dizemos que a onda no fio é uma onda estacionária, pois vemos a onda como se estivesse parada
- Vamos estudar os harmônicos nesse caso

Q. 6 – ONDA ESTACIONÁRIA EM CORDAS – PRIMEIRO HARMÔNICO

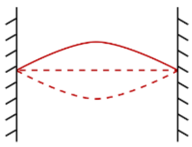
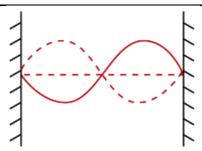
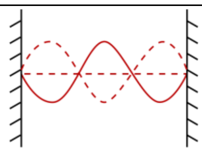
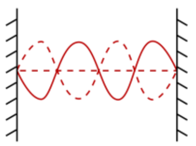
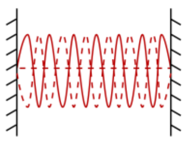
Q. 7 – ONDA ESTACIONÁRIA EM CORDAS – SEGUNDO HARMÔNICO

Q. 8 – ONDA ESTACIONÁRIA EM CORDAS – TERCEIRO HARMÔNICO

Q. 9 – ONDA ESTACIONÁRIA EM CORDAS – QUARTO HARMÔNICO

Q. 10 – ONDA ESTACIONÁRIA EM CORDAS – n-ÉSIMO HARMÔNICO

RESUMINDO O QUE APRENDEMOS:

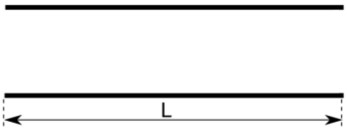
	1° Harmônico	$\lambda_1 = \frac{2L}{1}$
	2° Harmônico	$\lambda_2 = \frac{2L}{2} = L$
	3° Harmônico	$\lambda_3 = \frac{2L}{3}$
	4° Harmônico	$\lambda_4 = \frac{2L}{4} = \frac{L}{2}$
...	...	...
	n° Harmônico	$\lambda_n = \frac{2L}{n}$

TUBOS SONOROS

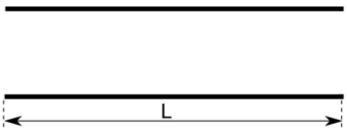
- Instrumentos musicais cujo som é produzido por sopro segue a mesma lógica
- Em geral um dos lados é aberto e o outro é ou aberto ou fechado
  - Quando ambos os lados são abertos, chamamos de tubo aberto;
  - Quando uma extremidade é fechada e a outra aberta chamamos de tubo fechado.

AMBAS AS EXTREMIDADES ABERTAS/LIVRES

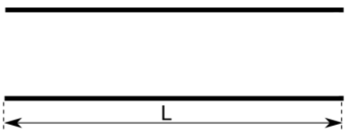
Q. 11 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – PRIMEIRO HARMÔNICO



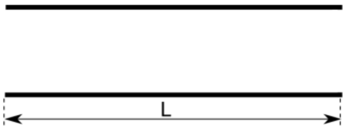
Q. 12 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – SEGUNDO HARMÔNICO



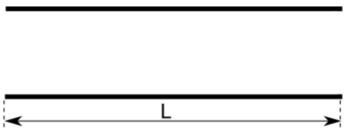
Q. 13 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – TERCEIRO HARMÔNICO



Q. 14 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – QUARTO HARMÔNICO



Q. 15 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – n-ÉSIMO HARMÔNICO



RESUMINDO O QUE APRENDEMOS:

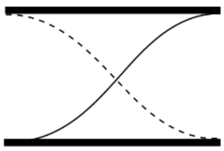
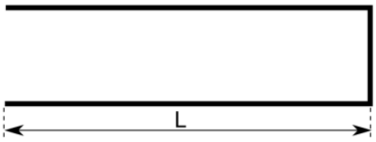


Figura 1: Representação de um tubo sonoro com ambas as extremidades abertas e em seu primeiro harmônico

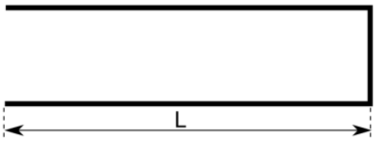
1° Harmônico	$L=2\frac{\lambda_1}{4}\Rightarrow\lambda_1=\frac{4L}{2}\Rightarrow\lambda_1=\frac{4L}{2\cdot 1}$
2° Harmônico	$L=4\frac{\lambda_2}{4}\Rightarrow\lambda_2=\frac{4L}{2\cdot 2}$
3° Harmônico	$\lambda_3=\frac{4L}{2\cdot 3}$
4° Harmônico	$\lambda_4=\frac{2L}{4}$
...	...
n° Harmônico	$\lambda_n=\frac{2L}{n}$

UMA EXTREMIDADE ABERTA E OUTRA FECHADA

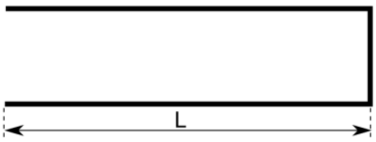
Q. 16 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – PRIMEIRO HARMÔNICO



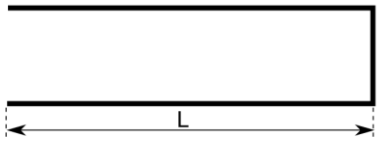
Q. 17 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – SEGUNDO HARMÔNICO



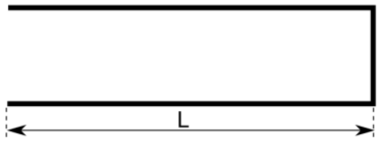
Q. 18 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – TERCEIRO HARMÔNICO



Q. 19 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – QUARTO HARMÔNICO



Q. 20 – ONDA ESTACIONÁRIA EM TUBO ABERTO – n-ÉSIMO HARMÔNICO



RESUMINDO O QUE APRENDEMOS:

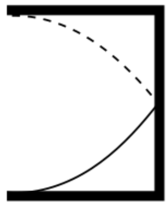


Figura 2: Representação de um tubo sonoro com uma extremidade fechada e outra aberta. Como tubos soboros com ambas as extremidades fechadas é impossível para um instrumento musical, dizemos que isso é um **tubo fechado**

1° Harmônico	$L=1\frac{\lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4L}{1}$
2° Harmônico	Não existe
3° Harmônico	$\lambda_3 = \frac{4L}{3}$
4° Harmônico	Não existe
...	...
n° Harmônico	$\lambda_n = \frac{4L}{n}$

- Note que não existe os harmônicos pares

Veja animações bem interessantes, clicando ou lendo o QR-Code: