FIS00183 - Física III-C - Aula 25

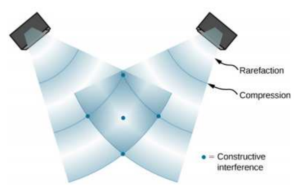
Jeferson J. Arenzon – 6 de novembro de 2020

Interferência

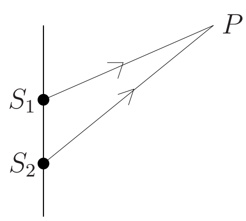
Quando duas ondas senoidais diferem por uma constante de fase, a onda resultante da superposição das duas é

$$y'(x,t) = 2y_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right), \tag{101}$$

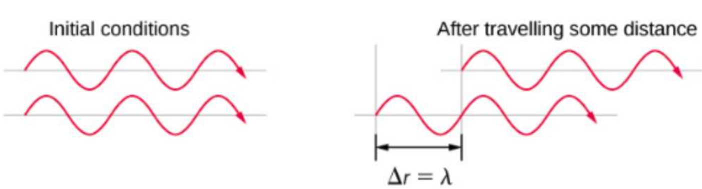
onde a amplitude efetiva é dependente da posição. No caso das ondas sonoras, que se propagam no espaço (em princípio) 3d, é possível obter uma diferença de fase mesmo que as ondas, inicialmente, fossem idênticas (em fase). Basta que elas percorram distâncias diferentes até atingir o ponto onde a superposição das duas será observada.



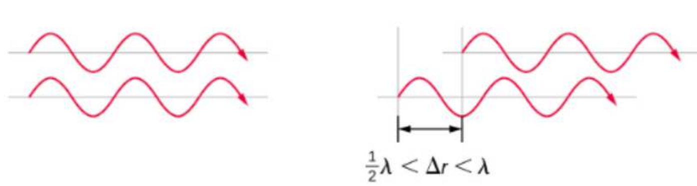
Sejam duas fontes, S_1 e S_2, que emitem ondas em fase com o mesmo comprimento de onda[112]:



Se a distância percorrida for igual pelos dois caminhos, ou se a diferença for um múltiplo do comprimento de onda, as ondas continuarão em fase:



Assim, uma possível diferença de fase ϕ no ponto P vai depender da **diferença de caminho** Δr.



Como $\phi = 2\pi$ corresponde a $\Delta r = \lambda$, para outros valores de Δr obtemos:

$$\begin{array}{ccc} \lambda & \underline{\qquad\quad} & 2\pi \\ \Delta r & \underline{\qquad\quad} & \phi. \end{array}$$

Ou seja:

$$\boxed{\phi = 2\pi \frac{\Delta r}{\lambda}}. \tag{102}$$

Se as ondas não estiverem inicialmente em fase, na equação acima substituímos ϕ por $\phi - \phi_0$, onde ϕ_0 é a diferença de fase inicial. No caso em que a interferência é **construtiva**:

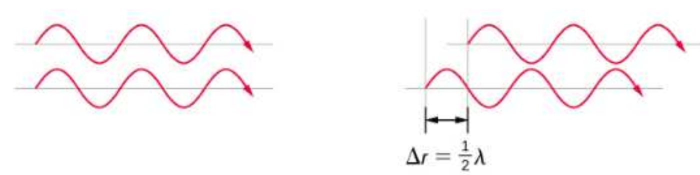
$$\Delta r = n\lambda \longrightarrow \phi = n2\pi, \quad n = 0, 1, 2, \ldots .$$

Por outro lado, quando a interferência é **destrutiva**:

$$\Delta r = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad n = 0, 1, 2, \ldots,$$

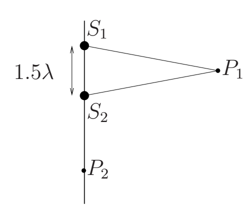
portanto:

$$\phi = 2n\pi + \pi = \left(n + \frac{1}{2}\right) 2\pi.$$



É importante notar que nos pontos de interferência destrutiva, embora a intensidade seja mínima, seu valor somente será nulo se as amplitudes, no ponto, forem iguais. Mas as amplitudes seguem o comportamento da intensidade ($I \sim y_0^2$), e decaem com a distância $I \sim r^{-2}$.

Exemplo 56: Considere uma circunferência cujo centro coincide com o ponto médio entre as duas fontes S_1 e S_2. Determine: *a*) se a interferência em P_1 é construtiva ou destrutiva; *b*) o mesmo para P_2 e *c*) em quantos pontos da circunferência temos interferência completamente destrutiva? E construtiva?

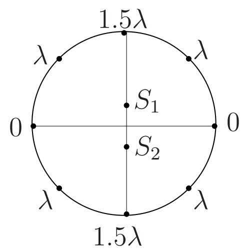


[112] Se duas ondas emitem ondas com as mesmas frequências e comprimentos de onda, e com as mesmas fases ao mesmo tempo, são ditas **coerentes**:

Em P_1, a diferença de caminho é nula, logo $\phi = 0$ e a interferência é construtiva. Já em P_2, a diferença de caminho é

$$\Delta r = 1.5\lambda \to \phi = 1.5 \times 2\pi = 3\pi$$

e a interferência é destrutiva. Isto vale para todos os pontos na reta que passa por S_1 e S_2, exceto entre *as fontes. Para o círculo:*



Ou seja: $N_d = 6$ (os pontos onde $\Delta r = 1.5\lambda$ ou 0.5λ) e $N_c = 6$ (os pontos onde $\Delta r = 0$ ou λ).

Exemplo 57:

Sejam duas fontes separadas por uma distância L, emitindo ondas com $\lambda = L/4$ e em fase. No segmento que separa as fontes, em quantos pontos a interferência é completamente construtiva?

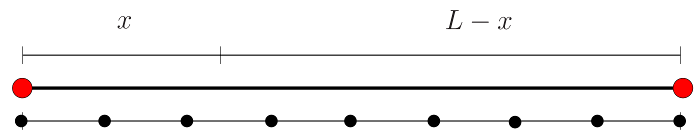
Tomemos um ponto arbitrário a uma distância x da primeira fonte (e, portanto, $L - x$ da segunda). Então:

$$\Delta r = (L - x) - x = L - 2x$$

Por simetria, só precisamos considerar o intervalo $0 < x < L/2$. Então:

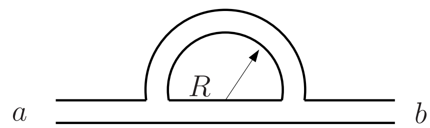
$$\phi = 2\pi\frac{\Delta r}{\lambda} = 2\pi\frac{L - 2x}{\lambda} = 8\pi\left(1 - \frac{2x}{L}\right)$$

Se $x = 0$, $\phi = 8\pi$ (máximo). Se $x = L/2$, $\phi = 0$ (máximo). Entre 0 e $L/2$ temos outros três máximos (correspondendo a 2π, 4π e 6π). Como temos outro máximo em $x = L$ e outros três máximos no intervalo $L/2 < x < L$, o total de máximos é 9. Notem também que entre cada dois máximos existe um mínimo de intensidade (oito pontos no total).



Exemplo 58:

Uma onda sonora de $\lambda = 40\,\text{cm}$ entra no tubo pelo ponto a como mostra a figura. Qual deve ser o menor valor de R para que no ponto b se verifique um mínimo de intensidade?



A diferença de caminhos é

$$\Delta r = \pi R - 2R = \frac{\lambda}{2}$$

Logo:

$$R = \frac{\lambda}{2(\pi - 2)} \simeq 17.5\,\text{cm}$$