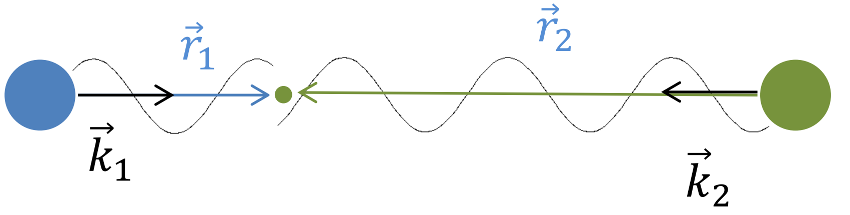
Interferencia

Interferencia de ondas

- La idea del tema es analizar situaciones donde actúen más de una fuente
- Toda la gracia va a estar en analizar con qué **fase** llega cada perturbación a un punto dado

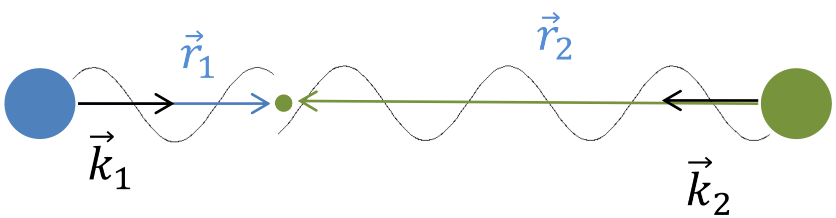


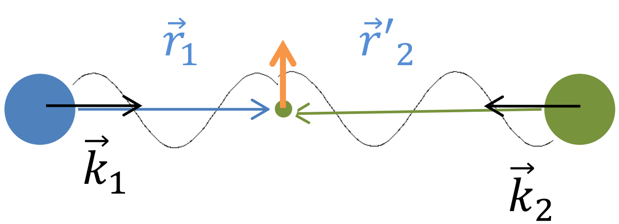
$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_{01}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon_1}_{\varphi_1})$$

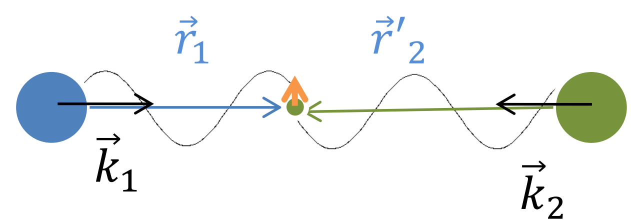
$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_{02}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon_2}_{\varphi_2})$$

Interferencia de ondas (si entienden esto…listo)

- La idea del tema es analizar situaciones donde actúen más de una fuente
- Toda la gracia va a estar en analizar con qué **fase** llega cada perturbación a un punto dado





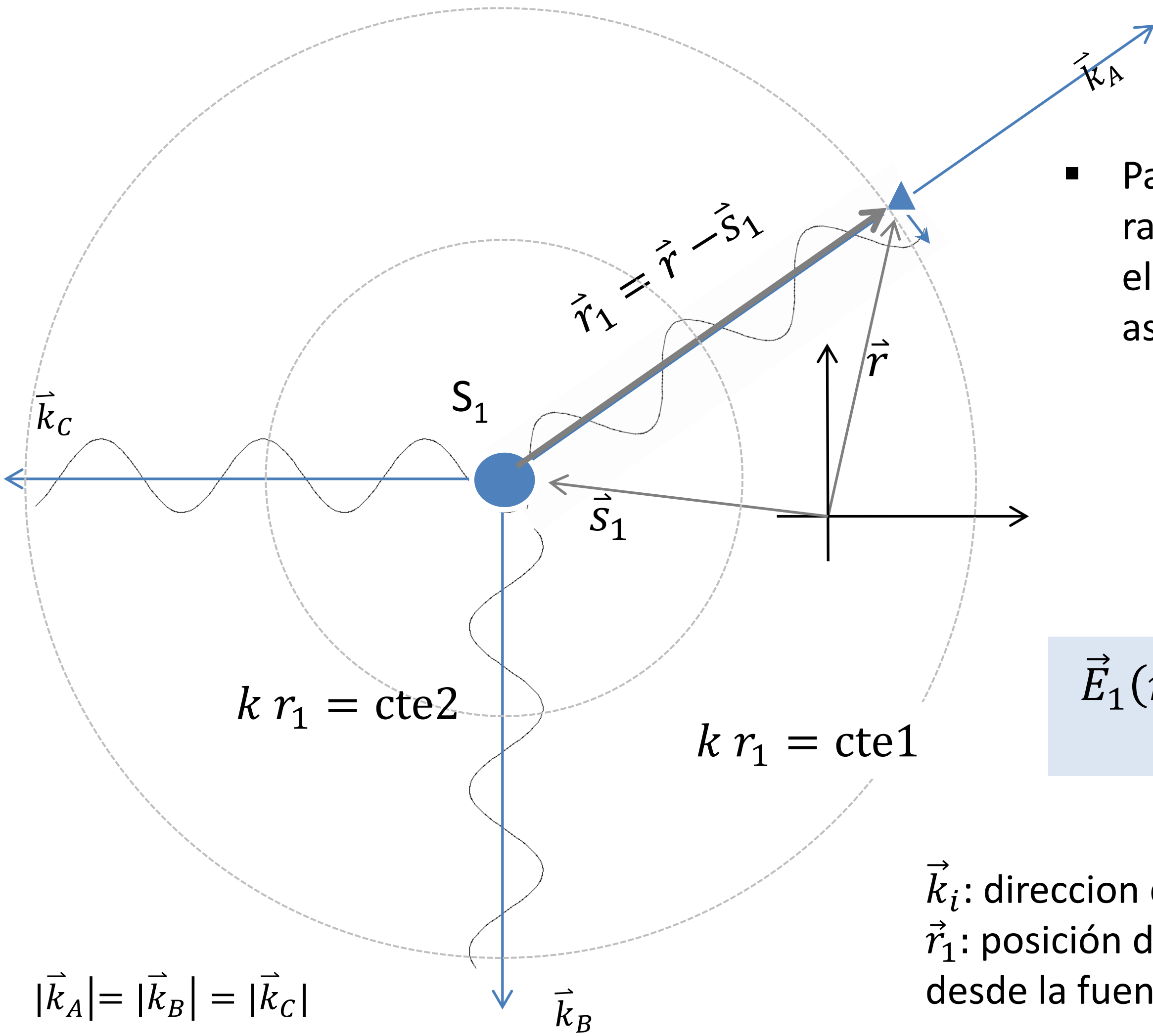


$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_{01}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon_1}_{\varphi_1})$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_{02}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon_2}_{\varphi_2})$$

Una fuente puntual

y tres de sus rayos



- Para ondas esféricas la dirección de los rayos es **radial** desde la fuente, por lo que el rayo que pasa por el punto $\vec{r}$ tiene asociado un *vector de onda*:

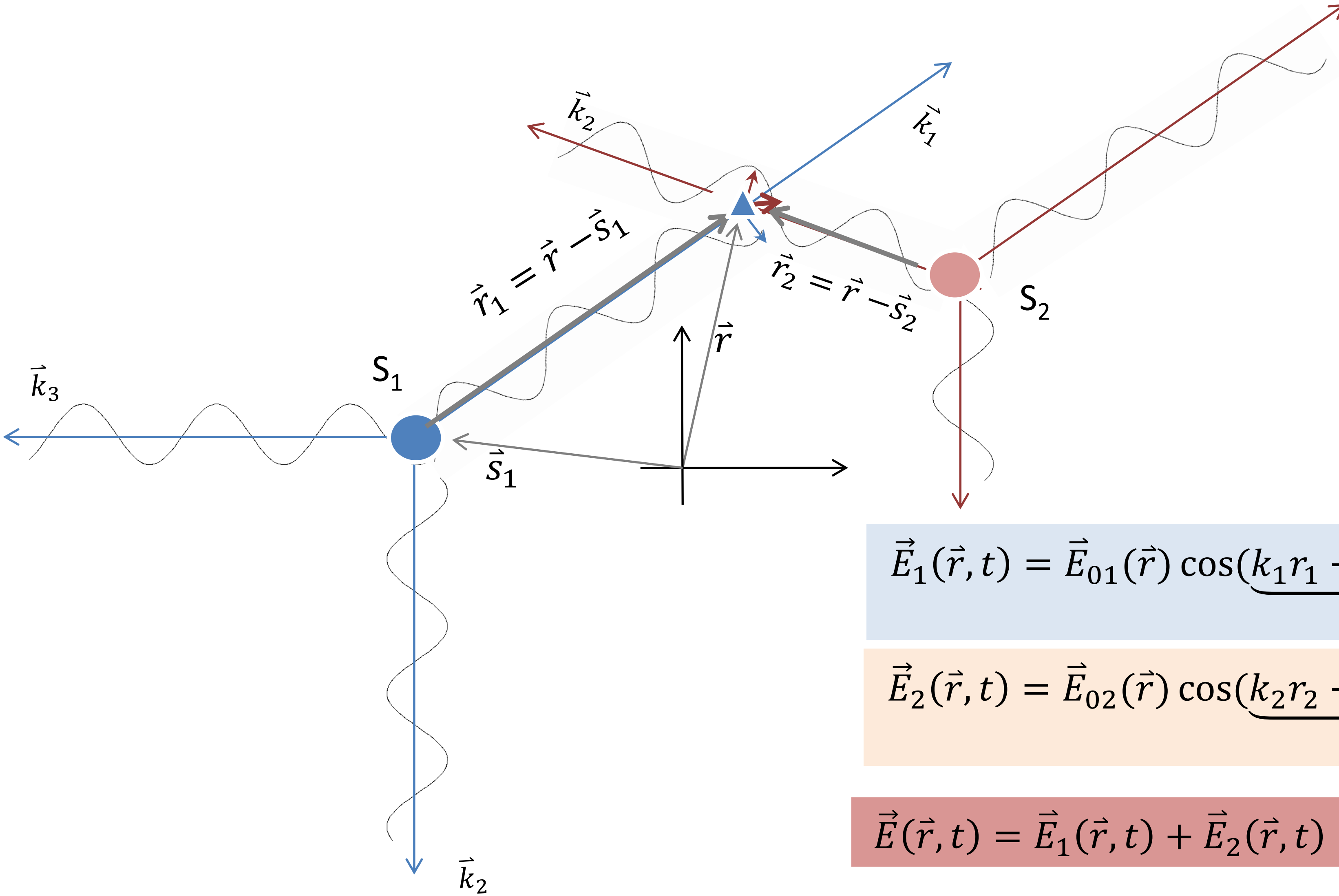
$$\vec{k} = k\, \hat{r}_1$$

$$\varphi_1 = k\, r_1 - w\, t + \varepsilon_1$$

$$\vec{E}_1(\vec{r}, t) = \vec{E}_{01}(\vec{r}) \cos(\underbrace{k\, r_1 - w\, t + \varepsilon_1}_{\varphi_1})$$

$\vec{k}_i$: direccion del rayo i
$\vec{r}_1$: posición del punto de interes $\vec{r}$, medida desde la fuente S_1

Sumando fuentes



$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_{01}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon_1}_{\varphi_1})$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_{02}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon_2}_{\varphi_2})$$

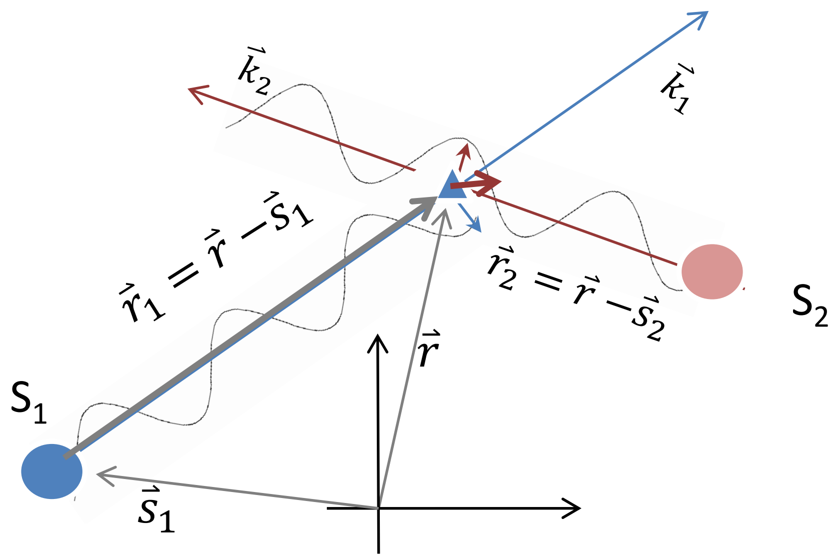
$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_1(\vec{r},t) + \vec{E}_2(\vec{r},t)$$

Sumando fuentes

$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_{01}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon_1}_{\varphi_1})$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_{02}(\vec{r})\cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon_2}_{\varphi_2})$$

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_1(\vec{r},t) + \vec{E}_2(\vec{r},t)$$



Las perturbaciones se suman…como vectores

Cuando tengo más de una fuente puede interesar:

- Cuál es el campo $\vec{E}$ total en todo el espacio y para todo tiempo?
- Interés práctico: cuál es la distribución espacial de la irradiancia $I = \varepsilon_o c\ \langle E(\vec{r},t)^2\rangle_T$ (dónde se localiza espacialmente la energía de la onda?)

*Periodos típicos para luz visible T=1.3-2.3 10^{-15} s

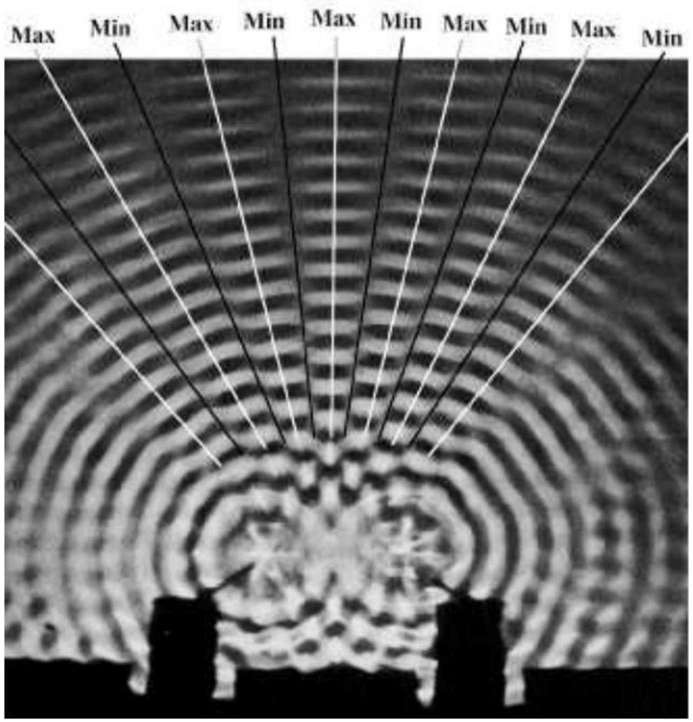
Chapa chapa

$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_{01}(\vec{r})\cos(k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon_1)$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_{02}(\vec{r})\cos(k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon_2)$$

$$\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E}_1(\vec{r},t) + \vec{E}_2(\vec{r},t)$$

En cada punto del espacio, la perturbación total dependerá de las **amplitudes** y **fases** con las que ambas ondas alcanzan al punto en cuestión



Onditas en el agua producidas por dos fuentes *puntuales* que emiten en fase. Notar que hay direcciones donde hay crestas y valles muy pronunciados (Max) y direcciones de *calma* (Min)

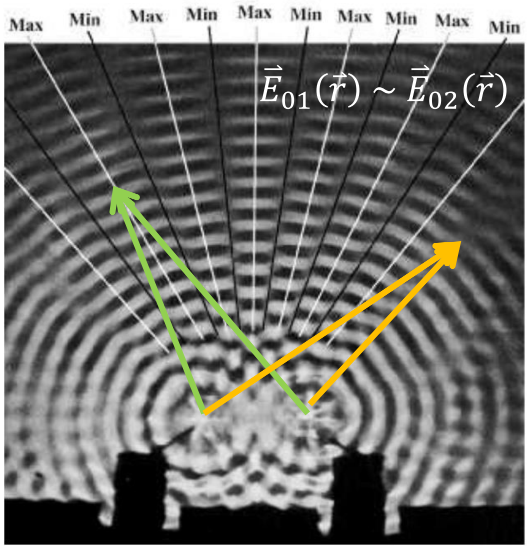
En este ejemplo:

- Cómo son $\vec{E}_{01}(\vec{r})$ y $\vec{E}_{02}(\vec{r})$?
- Cómo son ε_1 y ε_2?

$$I = \varepsilon_o c\ \langle E(\vec{r},t)^2\rangle_T$$

Habra zonas de muchas olas y zonas calmas.
La energia no se distribuye homogeneamente en el espacio

Las perturbaciones se suman



En este ejemplo:

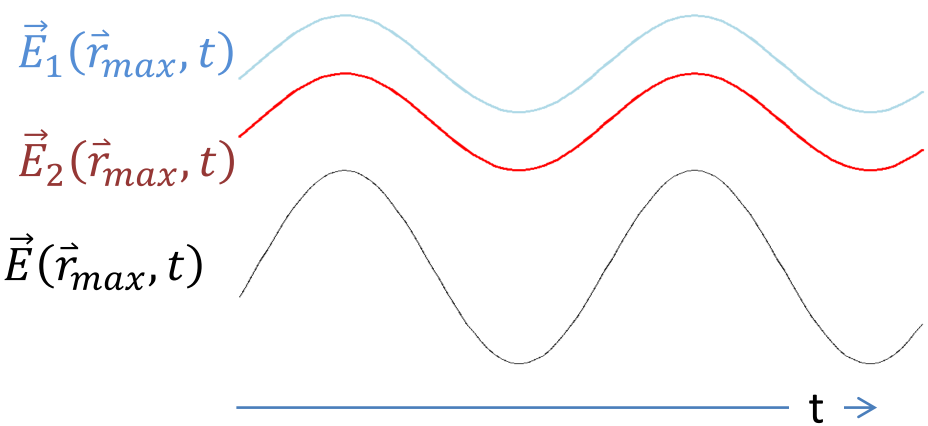
- Cómo son $\vec{E}_{01}(\vec{r})$ y $\vec{E}_{02}(\vec{r})$? $\quad \vec{E}_{01}(\vec{r}) \parallel \vec{E}_{02}(\vec{r})$
- Cómo son ε_1 y ε_2? $\quad \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$

$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_0(\vec{r})\cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon}_{\varphi_1})$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_0(\vec{r})\cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon}_{\varphi_2})$$

- Que pasa para los puntos $\vec{r}$ que cumplen

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \vec{k}_2\vec{r}_2 - \vec{k}_1\vec{r}_1 = 2\pi\, m$$



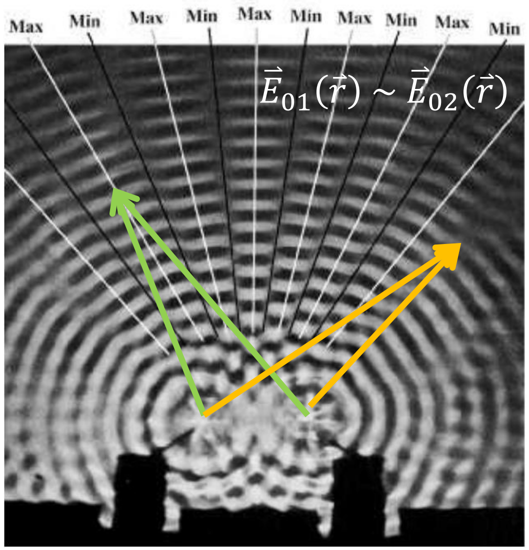
$$\vec{E}(\vec{r}_{max},t) = \vec{E}_0(\vec{r}_{max})\cos(k_1 r_{max1} - w\,t + \varepsilon) + \vec{E}_0(\vec{r}_{max})\cos(k_1 r_{max1} - w\,t + \varepsilon + 2\pi)$$

$$\vec{E}(\vec{r}_{max}) = 2\,\vec{E}_0(\vec{r}_{max})\cos(k_1 r_{max} - w\,t + \varepsilon)$$

$$I = \varepsilon_o c\ \langle E(\vec{r},t)^2\rangle_T = 4\,I_1$$

Applet

Las perturbaciones se suman



En este ejemplo:

- Cómo son $\vec{E}_{01}(\vec{r})$ y $\vec{E}_{02}(\vec{r})$? $\quad \vec{E}_{01}(\vec{r}) \parallel \vec{E}_{02}(\vec{r})$
- Cómo son ε_1 y ε_2? $\quad \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$

$$\vec{E}_1(\vec{r},t) = \vec{E}_0(\vec{r}) \cos(\underbrace{k_1 r_1 - w\,t + \varepsilon}_{\varphi_1})$$

$$\vec{E}_2(\vec{r},t) = \vec{E}_0(\vec{r}) \cos(\underbrace{k_2 r_2 - w\,t + \varepsilon}_{\varphi_2})$$

- Que pasa para los puntos $\vec{r}$ que cumplen

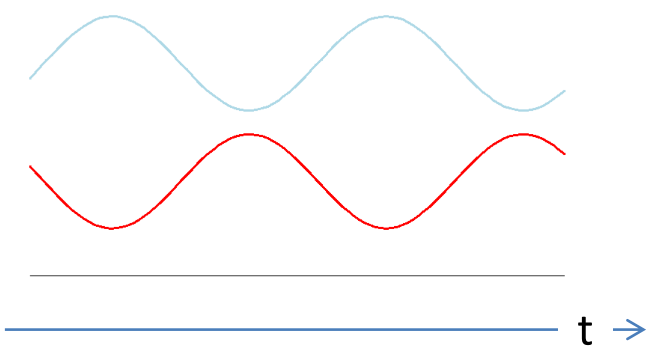
$$\varphi_2 - \varphi_1 = \vec{k}_2\vec{r}_2 - \vec{k}_1\vec{r}_1 = \pi(2m+1)$$

$$\vec{E}(\vec{r}_{min},t) = \vec{E}_0(\vec{r}_{min}) \cos(k_1 r_{min1} - w\,t + \varepsilon) + \vec{E}_0(\vec{r}_{min}) \cos(k_1 r_{min1} - w\,t + \varepsilon + \pi)$$

$\vec{E}_1(\vec{r}_{min},t)$

$\vec{E}_2(\vec{r}_{min},t)$

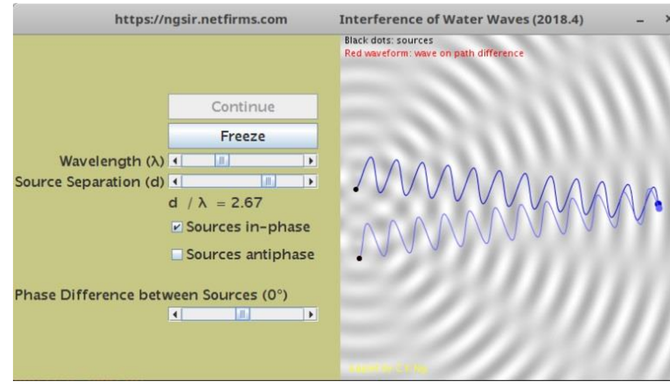
$\vec{E}(\vec{r}_{min},t)$



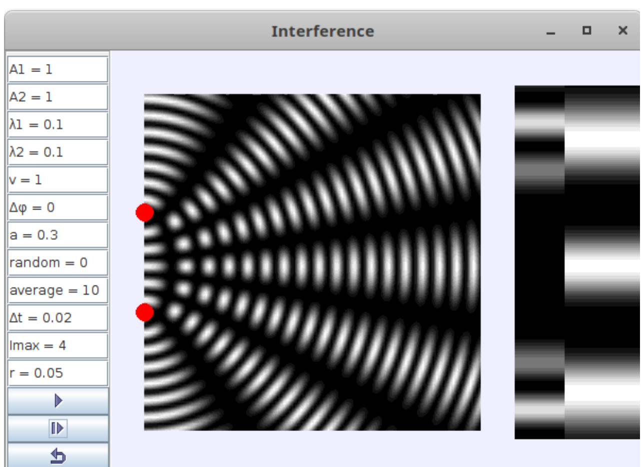
$$\cos(a+\pi) = \cos(a)\cos(\pi) - \sin(a)\sin(\pi)$$
$$= -\cos(a)$$

Applets

interference1_App.jar



waves_interference.jar



interference2_App.jar