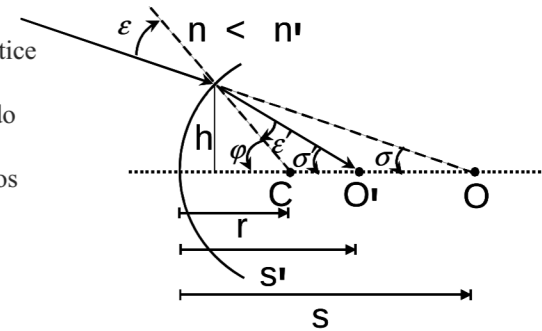
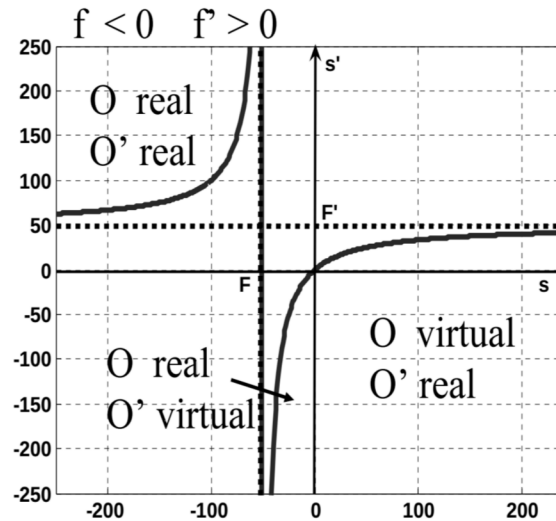


- Las distancias serán positivas en el sentido de la luz, y negativas en el sentido contrario. El origen se toma en el vértice V. Las distancias respecto al eje serán positivas hacia arriba, y negativas hacia abajo.
- Ángulos de incidencia y refracción: Al llevar el rayo sobre la normal por el camino más corto serán positivos cuando nos movemos en el sentido de las agujas reloj, y negativos en el caso contrario
- Ángulos con el eje: Cuando nos movemos hacia el eje por el camino más corto, serán positivos cuando nos movemos en el sentido contrario a las agujas del reloj, y negativos en el caso contrario.

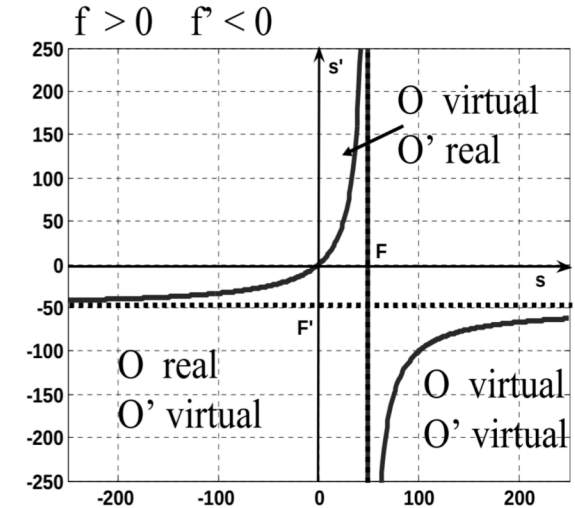


<b>Invariante de Abbe</b> $n \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right) = n' \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s'} \right)$	<b>Invariante de Lagrange-Helmholtz</b> $n_1 y_1 \sigma_1 = n'_k y'_k \sigma'_k = \text{cte}$
<b>Superficie plana</b> $s' = \frac{n'}{n} s$ $r = \text{infinito}$	<b>Paso a través de un sistema</b> $s_{i+1} = s'_i - d_{i,i+1}$ $\sigma_{i+1} = \sigma'_i$ $h_{i+1} = h_i - d_{i,i+1} \sigma'_i$
<b>Espejo esférico:</b> $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{r}$ $n' = -n$	
	$-\frac{n}{a} + \frac{n'}{a'} = \frac{n'}{f'}$ $\beta' = \frac{n a'}{n' a}$ $\frac{f}{f'} = -\frac{n}{n'}$

#### ■ Lentes convergentes: $f' > 0$



#### ■ Lentes divergentes: $f' < 0$

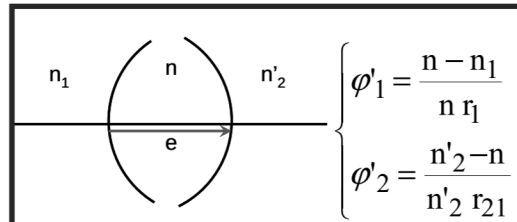


#### Aumento lateral Una superficie

$$\beta' = \frac{n s'}{n' s}$$

#### Sistema

$$\beta' = \frac{n_1}{n'_k} \prod \frac{s'_i}{s_i}$$



#### Sistema compost

$$f' = -\frac{f'_1 f'_2}{e - f'_1 + f'_2}$$

#### Lentes

$$\frac{1}{f'} = \frac{n - n_1}{n'_2} \frac{1}{r_1} + \frac{n'_2 - n}{n'_2} \frac{1}{r_2} - \frac{(n - n_1)(n - n'_2)}{n n'_2} \frac{e}{r_1 r_2}$$

Si  $n_1 = n'_2 = n'$

$$\frac{1}{f'} = \frac{n - n'}{n'} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n - n')^2}{n n'} \frac{e}{r_1 r_2}$$

Si  $n_1 = n'_2 = 1$

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n - 1)^2}{n} \frac{e}{r_1 r_2}$$

#### Lentes delgadas

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

$$-\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f'} \quad \beta' = \frac{s'}{s}$$

## ■ Superposición de ondas de igual frecuencia

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= a_1 \cos(\omega t + kz_1) \\ P_2 &= a_2 \cos(\omega t + kz_2) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_1 &= a_1 e^{i(\omega t + \varphi_1)} \\ P_2 &= a_2 e^{i(\omega t + \varphi_2)} \end{aligned}$$

$$P = P_1 + P_2 = (a_1 e^{i\varphi_1} + a_2 e^{i\varphi_2}) e^{i\omega t} = \underbrace{a e^{i\varphi}}_{\text{amplitud compleja}} e^{i\omega t} = a e^{i(\omega t + \varphi)}$$

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a_1 \operatorname{sen} \varphi_1 + a_2 \operatorname{sen} \varphi_2}{a_1 \cos \varphi_1 + a_2 \cos \varphi_2}$$

## ■ Velocidad de grupo y de fase

$$v_g = \frac{d\omega}{dk} \quad v_f = \frac{\omega}{k} \quad n = \frac{c}{v}$$

- Si el medio es no dispersivo  $\Rightarrow v_g = v_f$
- Si  $\frac{dv}{d\lambda} > 0 \Rightarrow v_g < v_f$  dispersión normal
- Si  $\frac{dv}{d\lambda} < 0 \Rightarrow v_g > v_f$  dispersión anómala

