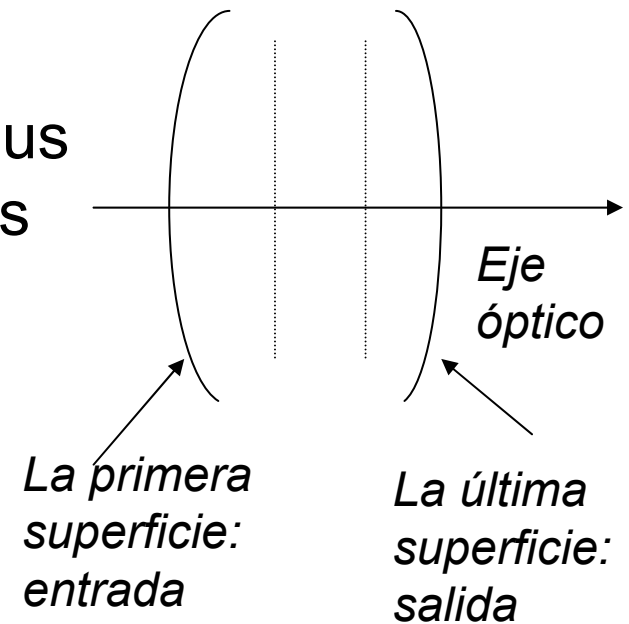

Estigmatismo

Sistema Óptico

- *Sistema óptico* es un conjunto de superficies que separan medios con índices de refracción diferentes.
- Si las superficies son de revolución, y sus centros están alineados, la recta que los une se denomina *eje óptico*.
- *Dióptrico* – un sistema formado por superficies refractantes
- *Catóptrico* – un sistema formado por superficies reflectantes
- *Catadióptrico* – un sistema formado por superficies refractantes y reflectantes
- La luz se propaga de izquierda a derecha

Sistema óptico centrado



Objeto y imagen

- El punto emisor de donde salen los rayos se denomina *objeto*; El punto donde se juntan los rayos, una vez pasado el sistema óptico es su *imagen*.
- Si los rayos pasan físicamente por un punto se denomina *real*. El punto es *virtual* si llegan o salen las prolongaciones de los rayos.
- El conjunto de puntos objeto forma el *espacio objeto* mientras que el conjunto de puntos imagen forma el *espacio imagen*.
- *Espacio objeto real (virtual)*: la zona del espacio anterior (posterior) de la superficie de la entrada del sistema.
- *Espacio imagen real (virtual)*: la zona del espacio posterior (anterior) de la superficie de la salida del sistema.

Sistema óptico perfecto

- Un sistema óptico es perfecto si se puede establecer una relación de semejanza entre todo el espacio objeto y todo el espacio imagen. Esta condición no es físicamente viable.

Condiciones de Maxwell:

- 1. A un plano normal en el eje óptico en el espacio objeto le corresponde otro plano normal al eje óptico en el espacio imagen.
- 2. Todos los rayos que entran en el sistema partiendo de un punto pasan a la salida por otro punto (real o virtual).
- 3. Toda figura contenida en un plano perpendicular al eje, se representa como una figura semejante contenida también en un plano perpendicular al eje, en el espacio imagen.

Condición de estigmatismo

- Un sistema se comporta estigmáticamente entre dos puntos O y O^* cuando todos los rayos que salen de un punto objeto O (real o virtualmente) van a parar a un punto imagen O^* (real o virtualmente).
- Los puntos O y O^* son puntos conjugados
- Principio de Fermat: el camino óptico que sigue la luz para ir del O a O^* debe ser estacionario → El camino óptico recorrido por los diferentes rayos entre O y O^* es constante.
- Los tramos virtuales del camino óptico se toman con el signo negativo
- Existen algunas superficies para las cuales la condición de estigmatismo cumple de forma rigurosa. Para otros sistemas se cumple aproximadamente

Estigmatismo en superficies refractantes

- La constancia del camino óptico para un par de puntos conjugados situados en el eje → Ovalo de Descartes
- Ecuación de cuarto grado (cuárticas) $O(x_0,0)$, $O^*(x^*_0,0)$, $Q(x,y)$ un punto cualquiera del ovalo

- Dos puntos son reales o virtuales

$$n\sqrt{(x-x_0)^2 + y^2} + n'\sqrt{(x-x^*_0)^2 + y^2} = k = cte$$

- Un punto es real y otro es virtual

$$n\sqrt{(x-x_0)^2 + y^2} - n'\sqrt{(x-x^*_0)^2 + y^2} = k = cte$$

- Un punto situado en el infinito (ambos puntos reales) : una familia de cónicas

$$n\sqrt{x^2 + y^2} + n'(l-x) = k = cte$$

- $n < n'$ un hiperboloide
- $n > n'$ un elipsoide

Puntos conjugados del dioptrio esférico

- La constancia del camino óptico sólo para un par de puntos conjugados: puntos de Weierstrass o puntos de Young

- Ovalo de Descartes para un punto real y otro virtual con $k=0$

$$n\sqrt{(x-x_0)^2 + y^2} = n'\sqrt{(x-x_0^*)^2 + y^2}$$

- Centro de esfera – origen de coordenadas
- x_0 y x_0^* tienen el mismo signo

$$n'^2 x_0^* = n^2 x_0 \quad x_0 = \frac{n'}{n} R \quad x_0^* = \frac{n}{n'} R$$

- Un dioptrio concavo: R negativo; O real, O^* virtual
- Un dioptrio convexo: R positivo; O virtual, O^* real

Estigmatismo en superficies reflectantes

- La constancia del camino óptico para cualquier par de puntos conjugados O y O^* (Q es un punto arbitrario que pertenece a la superficie reflectante) \rightarrow Espejo plano $OQ=QO^*$
- La constancia del camino óptico sólo para un par de puntos conjugados O y O^*
 - Espejo elíptico $OQ+QO^*=k=cte$: puntos conjugados (ambos reales o virtuales) = puntos focales
 - Espejo hiperbólico $OQ-QO^*=k=cte$: puntos conjugados (uno real, otro virtual) = puntos focales
 - Espejo parabólico: puntos conjugados (ambos reales o virtuales) = punto focal y punto en infinito)

Condiciones del seno de Abbe y de Herschel

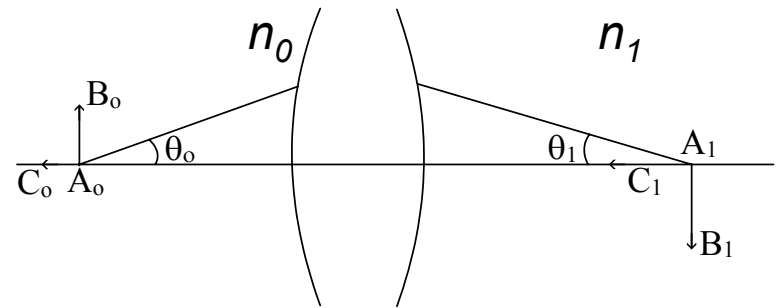
- La superficie refractante que relaciona estigmaticamente las parejas de puntos (A_0, A_1) y (B_0, B_1) : B_0 esta situado en el plano normal al eje óptico próximo a A_0 →

Condición del seno de Abbe

- La superficie refractante que relaciona estigmaticamente las parejas de puntos (A_0, A_1) y (C_0, C_1) : C_0 esta situado en el eje óptico próximo a A_0 →

Condición de Herschel

- Dos condiciones son compatibles solo en la aproximación paraxial

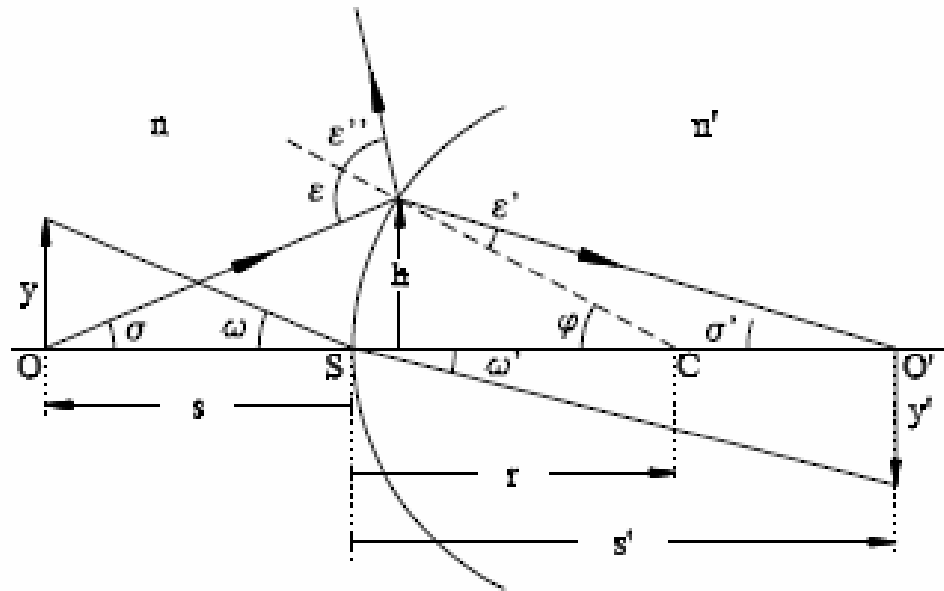


$$\frac{\text{sen}\theta_0}{\text{sen}\theta_1} = \frac{n_1 |A_1 B_1|}{n_0 |A_0 B_0|} = cte$$

$$\frac{\text{sen}^2(\theta_0 / 2)}{\text{sen}^2(\theta_1 / 2)} = \frac{n_1 |A_1 C_1|}{n_0 |A_0 C_0|} = cte$$

$$\text{sen}\theta_i \approx \theta_i \quad \cos \theta_i \approx 1 \quad i = 0, 1$$

Convenio de signos



		Valor positivo	Valor negativo
Distancias a lo largo del eje	s, s'	Derecha de la superficie	Izquierda de la superficie
Radios de curvatura	r	Centro a la derecha de la superficie	Centro a la izquierda de la superficie
Distancias normales al eje	y, y', h	Sobre el eje óptico	Bajo el eje óptico
Ángulos de incidencia, refracción y reflexión	$\varepsilon, \varepsilon', \varepsilon'', \omega, \omega'$	Sentido horario (girando hacia la normal)	Sentido antihorario (girando hacia la normal)
Ángulos con el eje	σ, σ', φ	Sentido antihorario (girando hacia el eje óptico)	Sentido horario (girando hacia el eje óptico)