



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



ÓPTICA GEOMÉTRICA

Augusto Beléndez Vázquez
Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

ÓPTICA GEOMÉTRICA

- 1.- Postulados de la Óptica Geométrica
- 2.- Espejos
- 3.- Refracción en superficies planas
- 4.- Refracción en superficies esféricas
- 5.- Lentes

ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.- Postulados de la Óptica Geométrica

2.- Espejos

3.- Refracción en superficies planas

4.- Refracción en superficies esféricas

5.- Lentes

CONCEPTOS EN LOS QUE SE BASA:

- **Rayo luminoso:** para caracterizar la luz.
- **Índice de refracción:** para caracterizar los medios materiales.

POSTULADO FÍSICO:

- **Principio de Fermat.**

POSTULADOS:

- La luz se propaga en forma de **rayos**. Los rayos son emitidos por fuentes luminosas y pueden ser observados cuando alcanzan un detector óptico.
- Un medio óptico se caracteriza por una cantidad $n \geq 1$, denominada **índice de refracción**, cociente de la velocidad de la luz en el vacío, c , entre la velocidad de la luz en el medio, v .

$$n = \frac{c}{v}$$

Índices de refracción para la luz amarilla del Na (589 nm)

Sustancia	n	Sustancia	n
Sólidos		Líquidos a 20°C	
Hielo	1.309	Alcohol metílico	1.329
Fluorita	1.434	Agua	1.333
Sal de roca	1.544	Alcohol etílico	1.36
Cuarzo	1.544	Tetracloruro	
Circonio	1.923	de carbono	1.460
Diamante	2.417	Trementina	1.472
		Glicerina	1.473
Vidrios (valores típicos)		Benceno	1.501
Crown	1.52	Disulfuro	
Flint ligero	1.58	de carbono	1.628
Flint medio	1.62		
Flint denso	1.66		

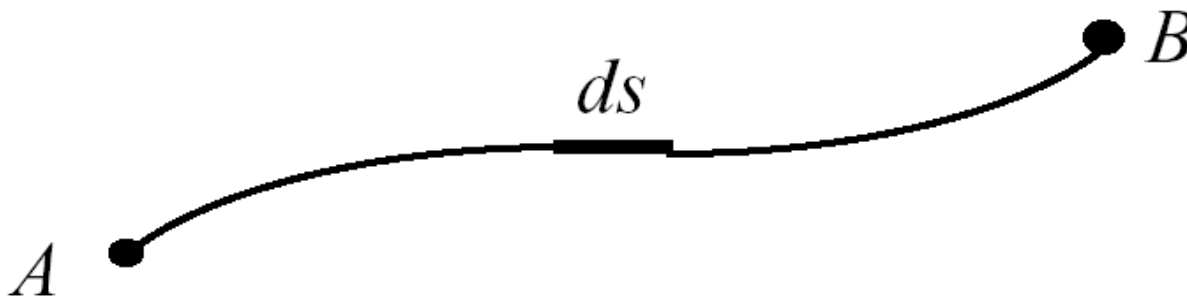
Tiempo t que tarda la luz en recorrer una distancia s :

$$t = \frac{S}{v} = \frac{n S}{c}$$

$$L = nS$$

Camino óptico

- En un medio inhomogéneo el índice de refracción es una función de la posición. El camino óptico L a lo largo de una trayectoria luminosa entre dos puntos A y B es:

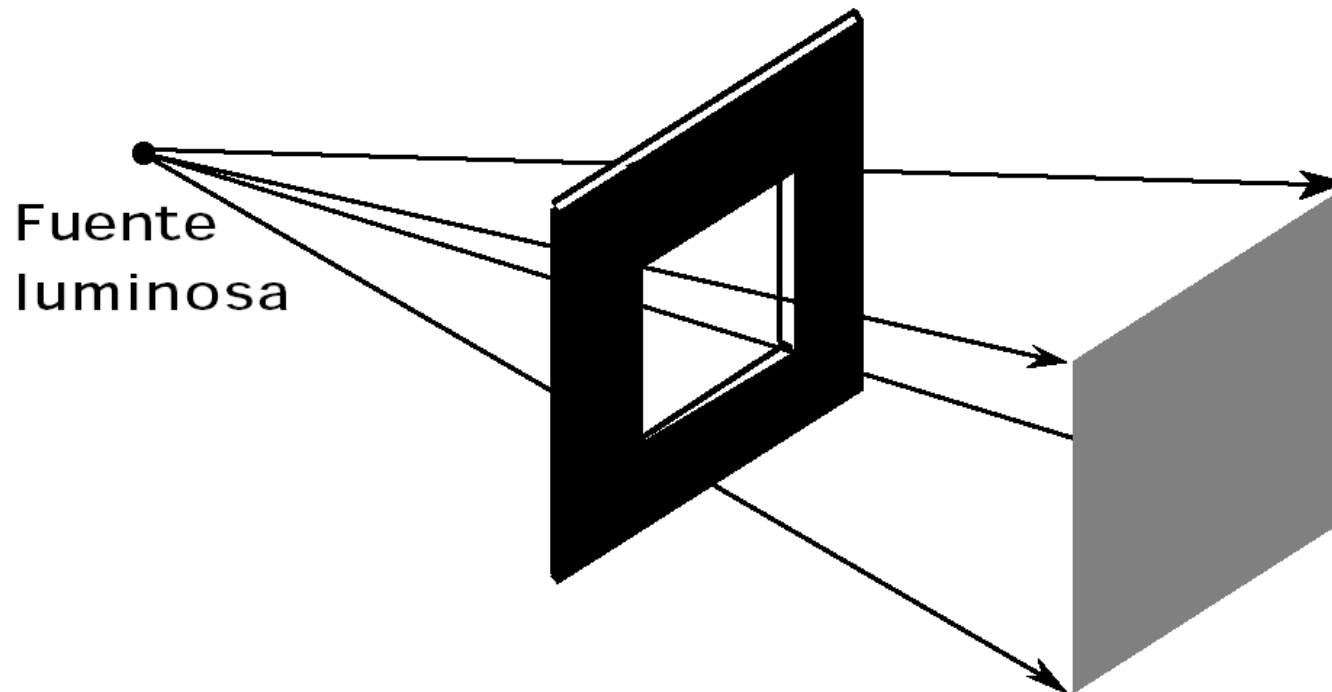


$$L = \int_A^B n(\mathbf{r}) ds$$

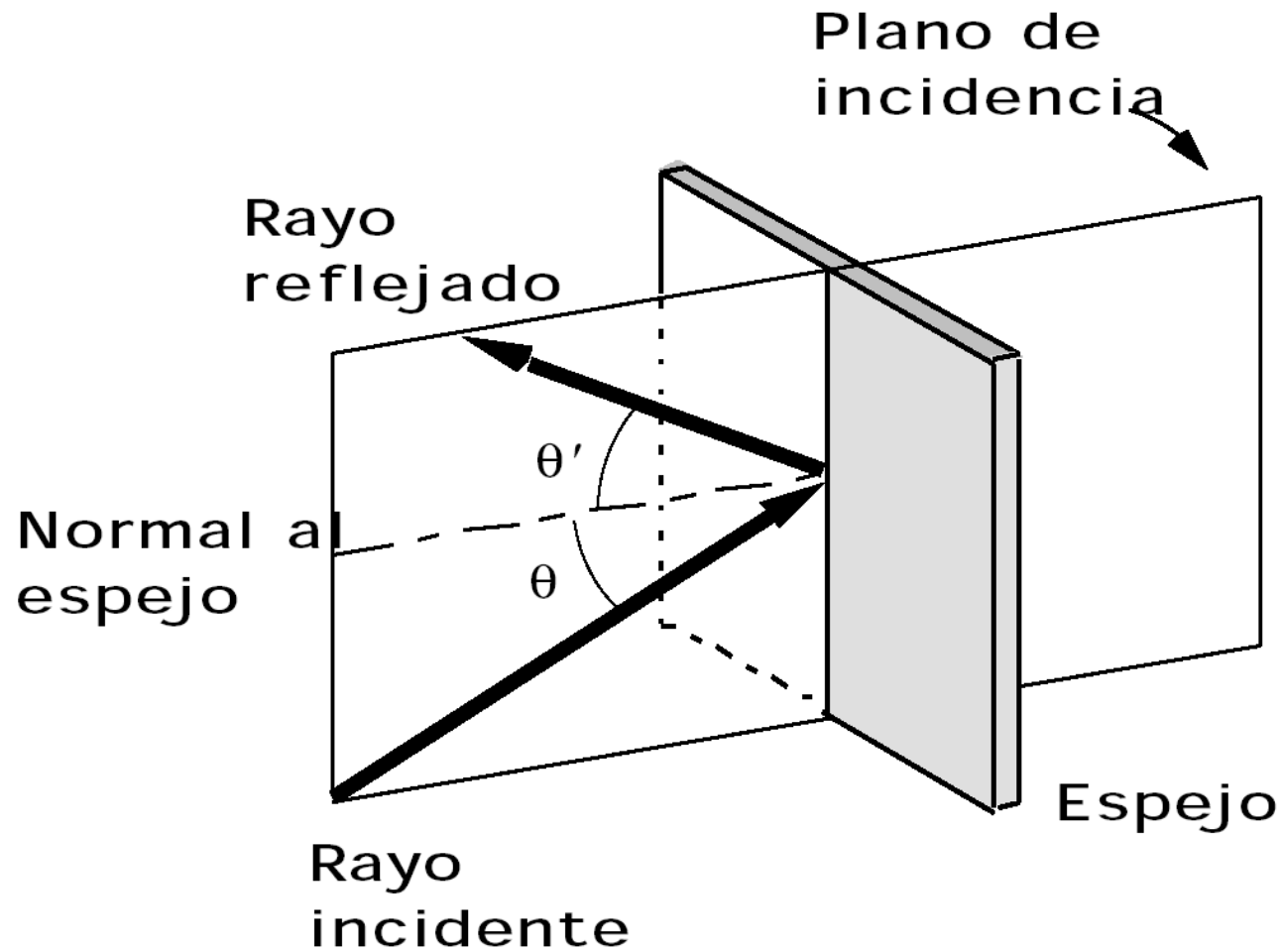
- **PRINCIPIO DE FERMAT:** El camino óptico a lo largo de una trayectoria real de luz es estacionario, es decir, un extremal.

$$\delta L = \delta \int_A^B n(\mathbf{r}) ds = 0$$

- **Propagación de la luz en un medio homogéneo**

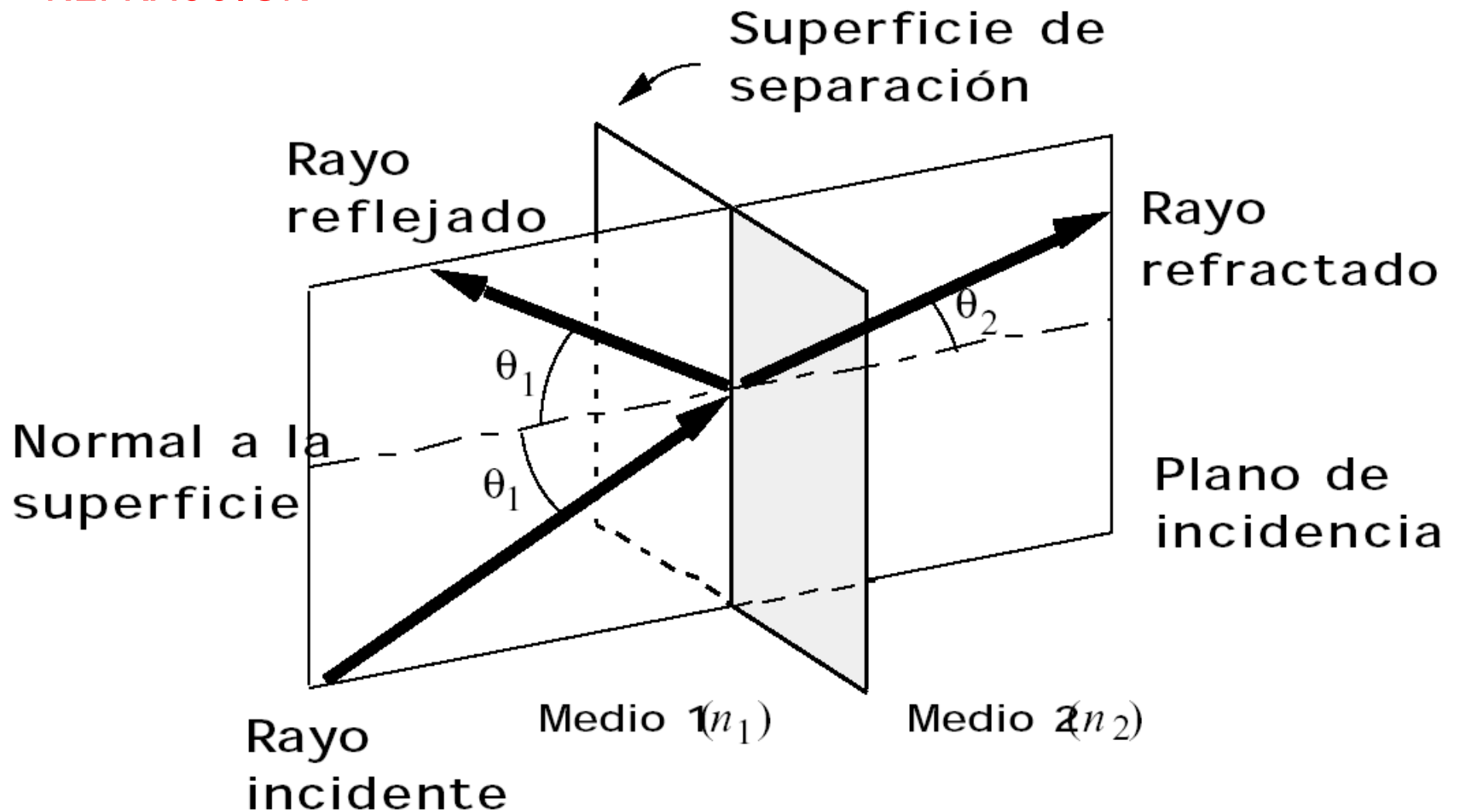


■ REFLEXIÓN



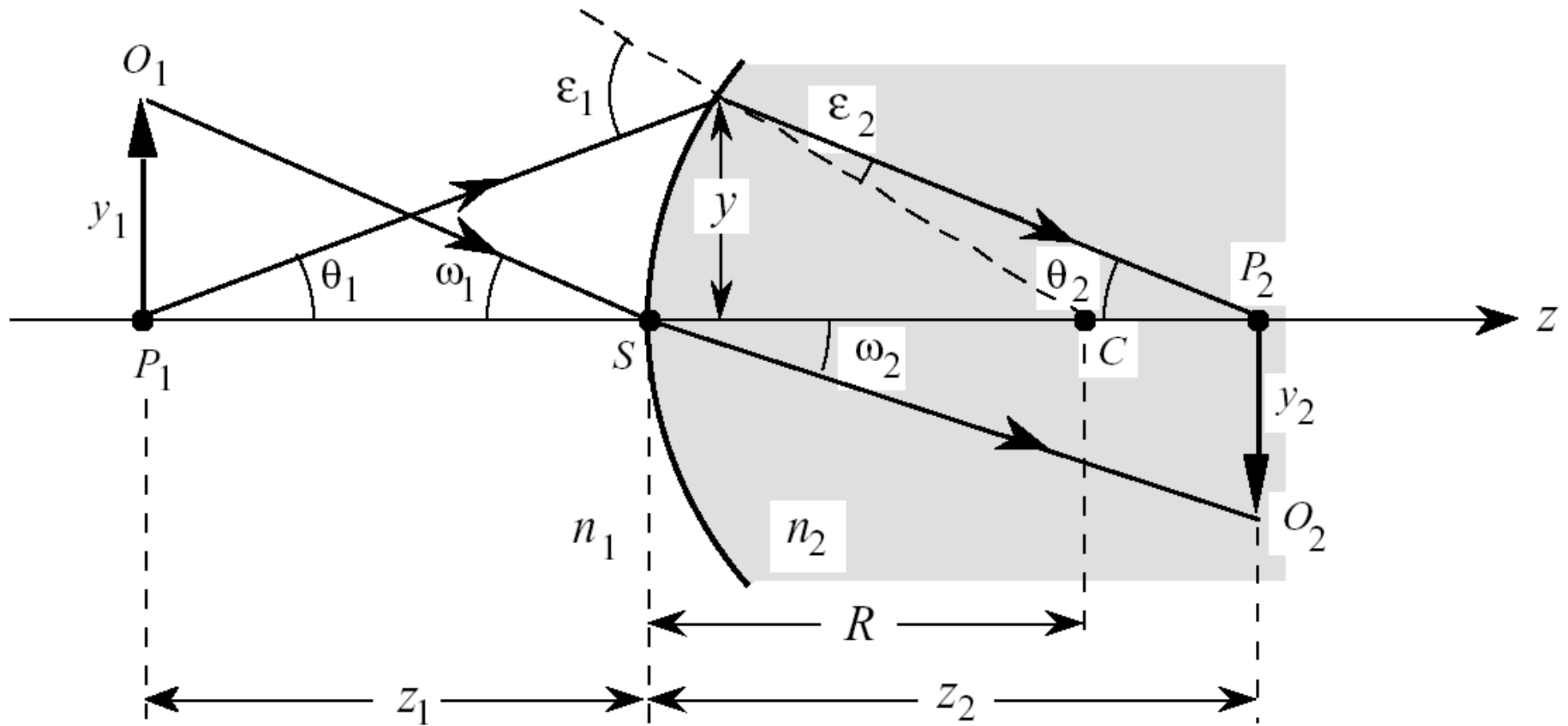
$$\theta' = \theta$$

■ REFRACCIÓN



$$n_1 \text{ sen} \theta_1 = n_2 \text{ sen} \theta_2$$

■ CONVENIO DE SIGNOS



Postulados de la Óptica Geométrica

Para las distancias en el eje z a lo largo de cualquier rayo se toma como sentido positivo el de la luz incidente, que siempre será de izquierda a derecha mientras no se advierta lo contrario. De este modo, en la Figura 5 las distancias frontales z_1 y z_2 desde el vértice S al objeto y a la imagen serán positivas si están a la derecha de S y negativas si están a la izquierda, pues para ellas se toma como origen el vértice S .

El radio de curvatura R es positivo si el centro de curvatura de la superficie está a la derecha de S , pues su origen se toma también en S .

Los segmentos normales al eje serán positivos hacia arriba y negativos hacia abajo.

Los ángulos de incidencia y refracción de un rayo, ε_1 y ε_2 , serán positivos si al llevar el rayo, por giro, a coincidir con la normal por el camino angular más corto, se va en el sentido de las agujas del reloj.

Los ángulos con el eje, θ_1 y θ_2 , son positivos si al llevar la recta que los forma a coincidir por giro con el eje se va en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Según lo anterior, en la reflexión θ y θ' serán siempre de signo contrario, $\theta = -\theta'$, lo que equivale a una refracción con índices n y n' tales que $n' = -n$.

ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.- Postulados de la Óptica Geométrica

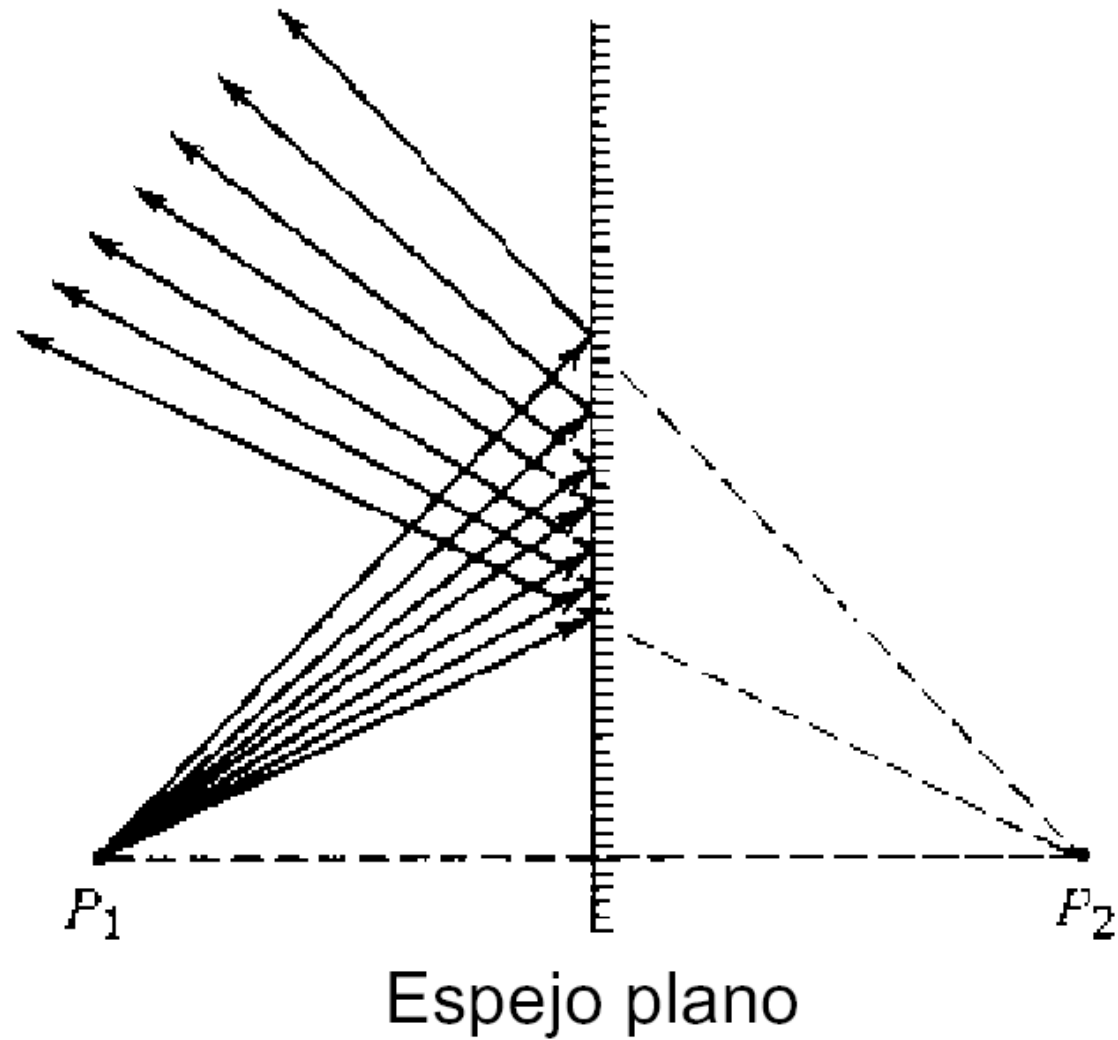
2.- Espejos

3.- Refracción en superficies planas

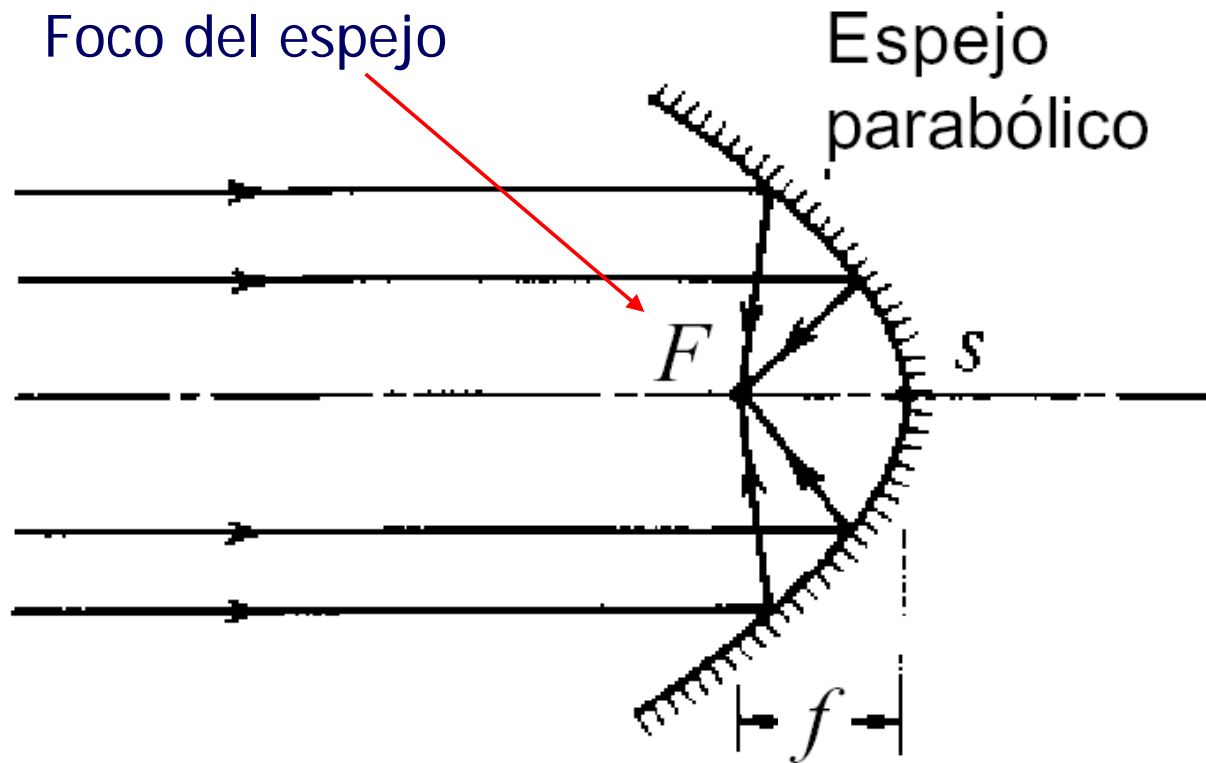
4.- Refracción en superficies esféricas

5.- Lentes

■ ESPEJO PLANOS

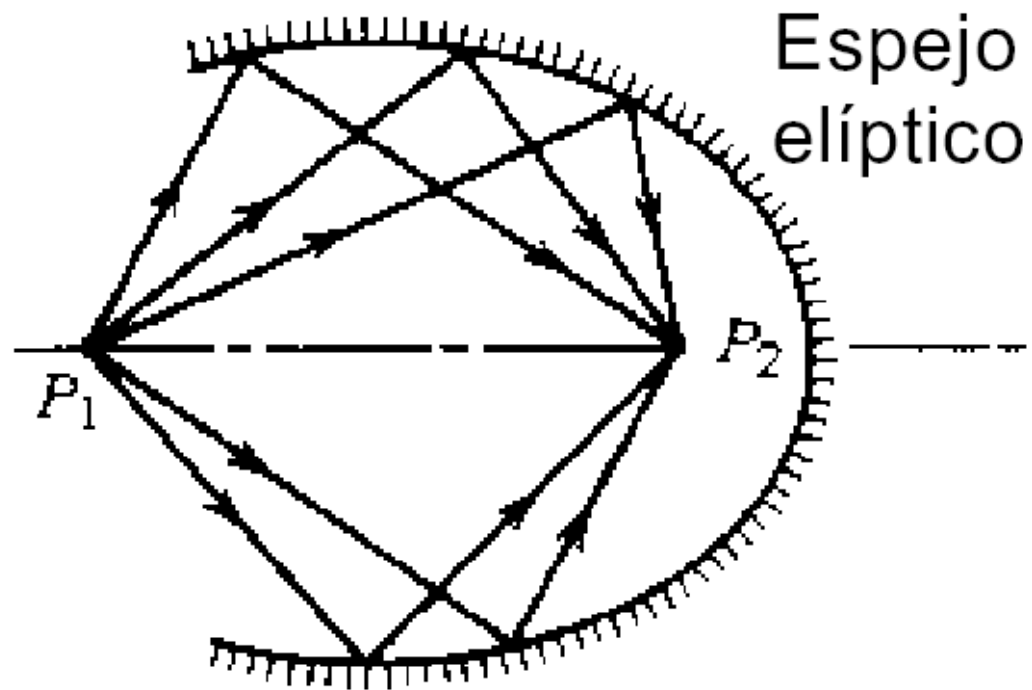


■ ESPEJO PARABÓLICO

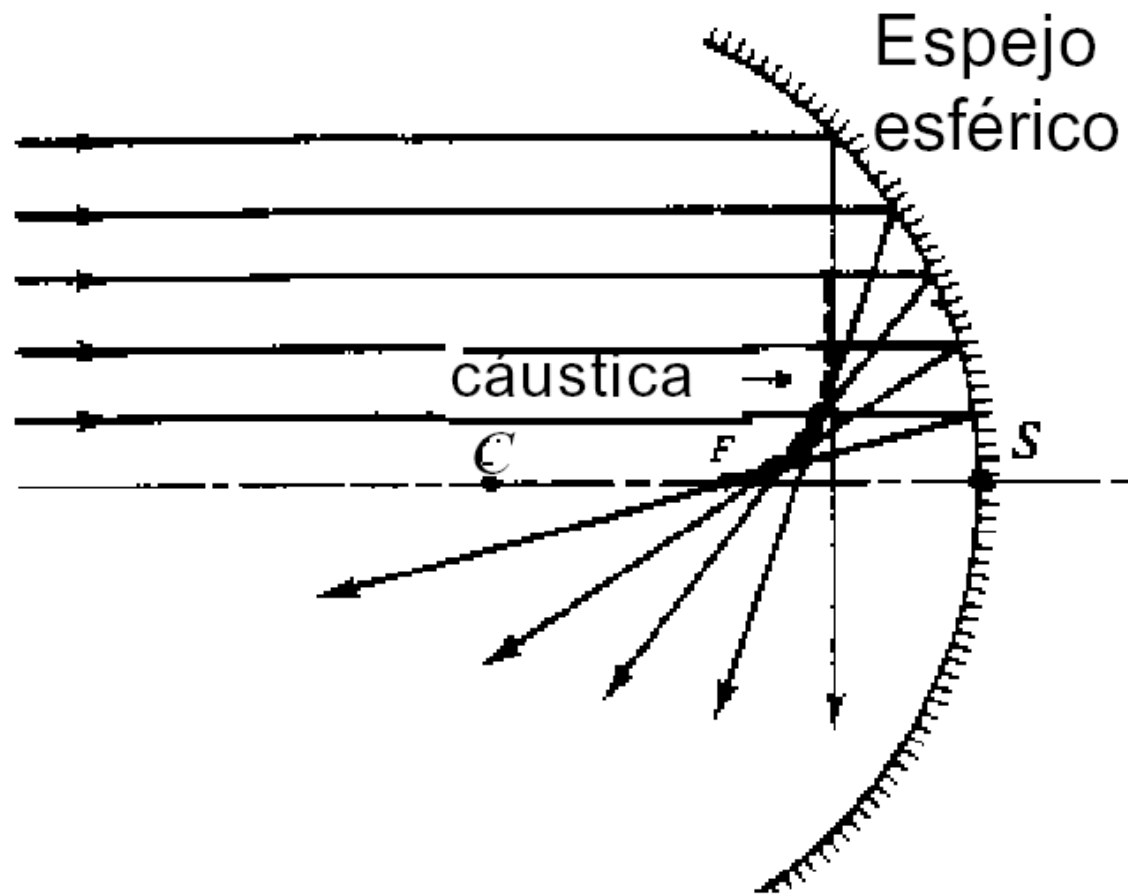


Focal del espejo $SF = f$

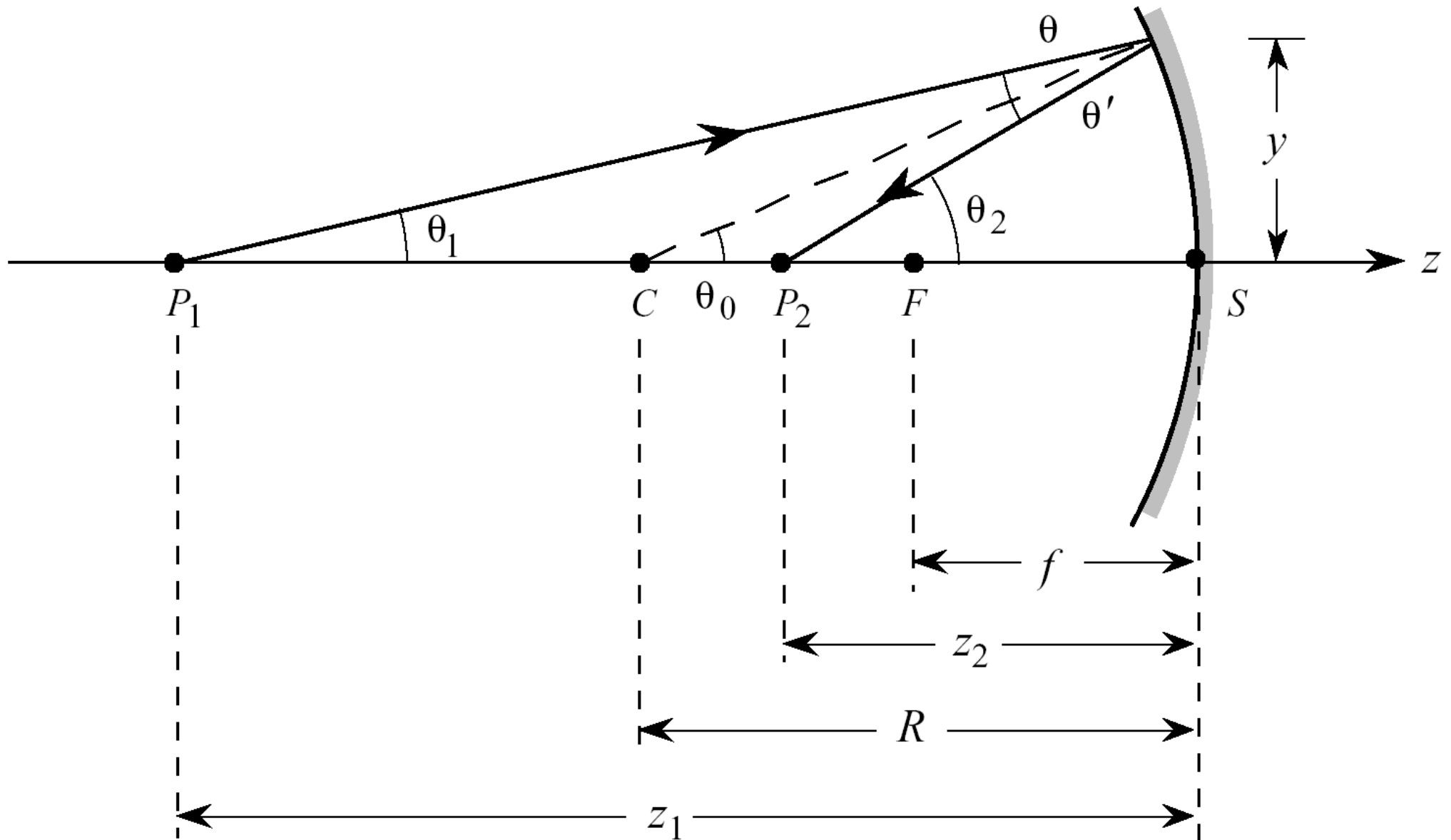
- ESPEJO ELÍPTICO



■ ESPEJO ESFÉRICO



- RAYOS PARAXIALES REFLEJADOS POR UN ESPEJO ESFÉRICO



$$\theta_2 = \frac{2}{R} y - \theta_1$$

Focal del espejo

$$\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} = \frac{2}{R}$$

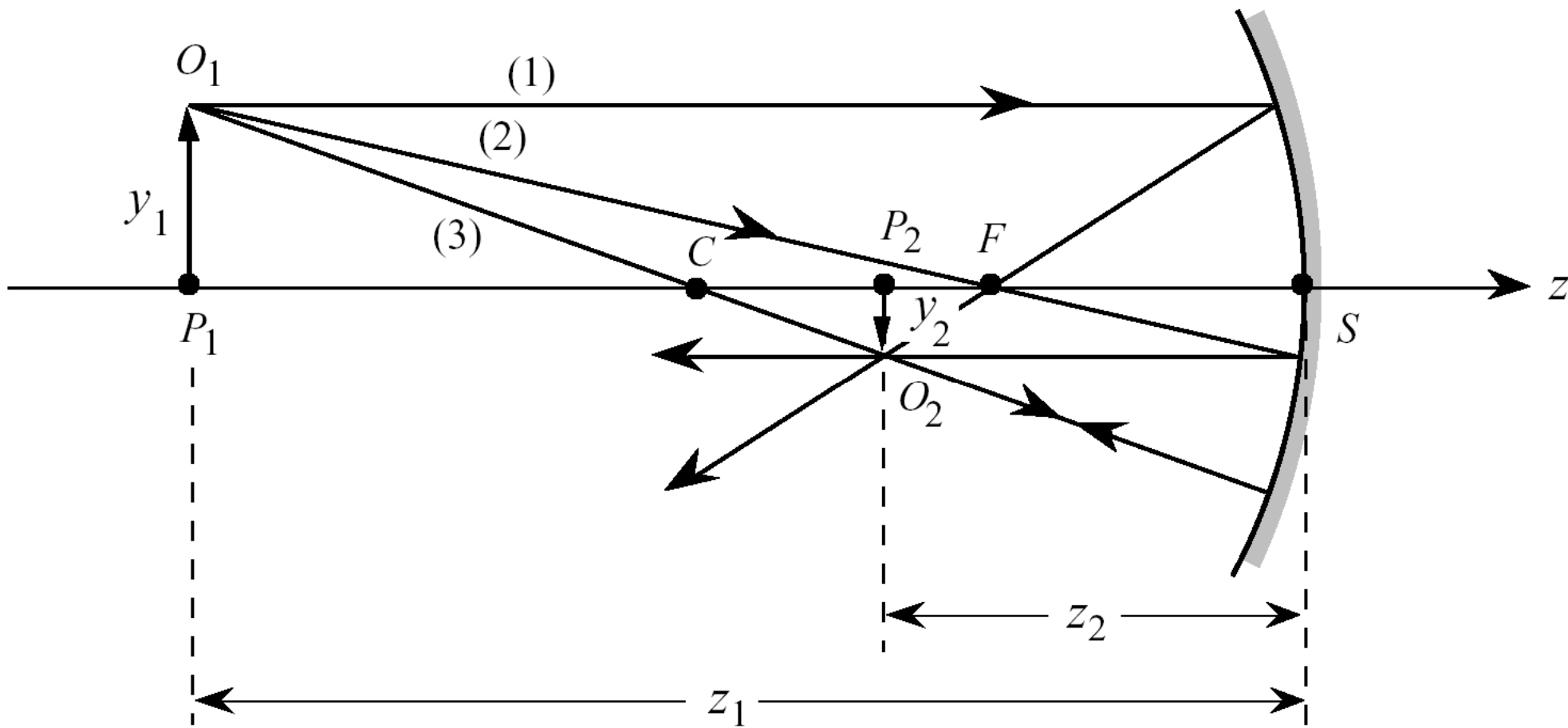
$$f = \frac{R}{2}$$

Relación objeto-imagen

$$\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} = \frac{1}{f}$$

Aumento lateral

$$m = -\frac{z_2}{z_1}$$



ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.- Postulados de la Óptica Geométrica

2.- Espejos

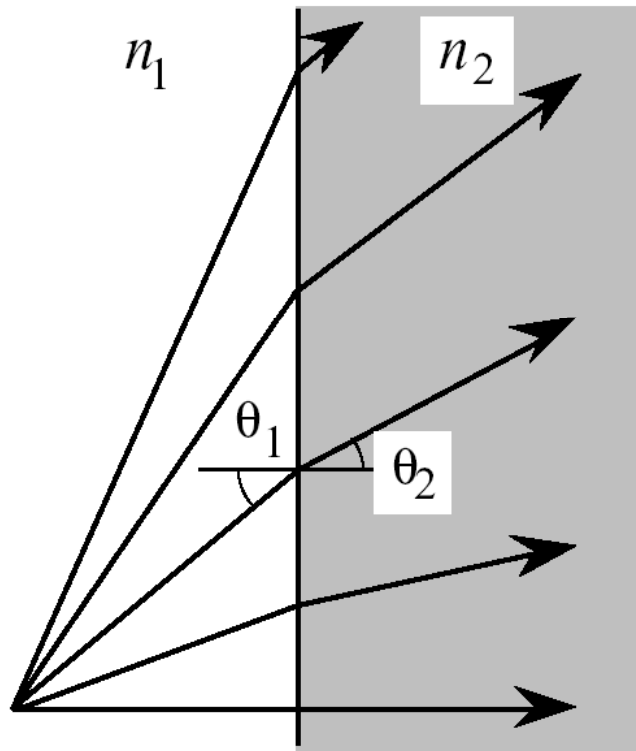
3.- Refracción en superficies planas

4.- Refracción en superficies esféricas

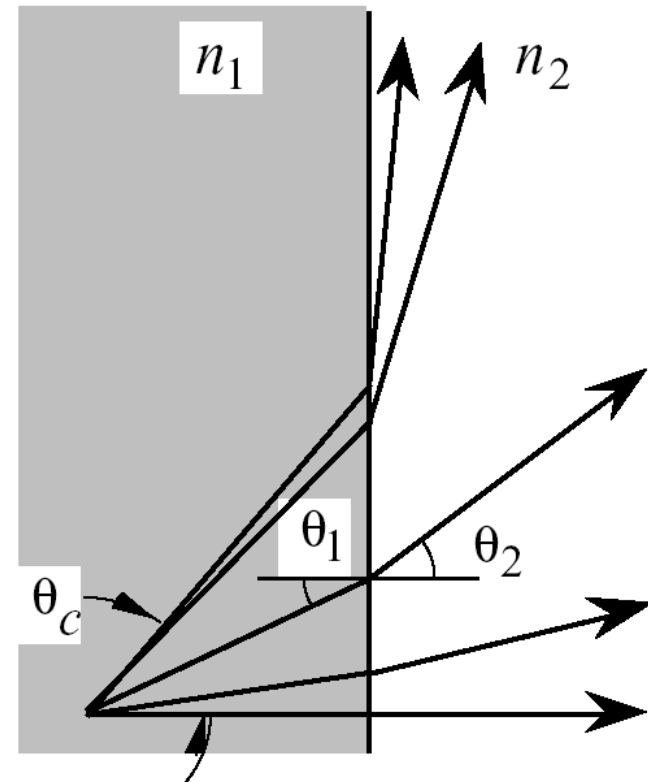
5.- Lentes

Refracción en superficies planas

- Refracción externa ($n_1 < n_2$): $\theta_2 < \theta_1$
- Refracción interna ($n_1 > n_2$): $\theta_2 > \theta_1$

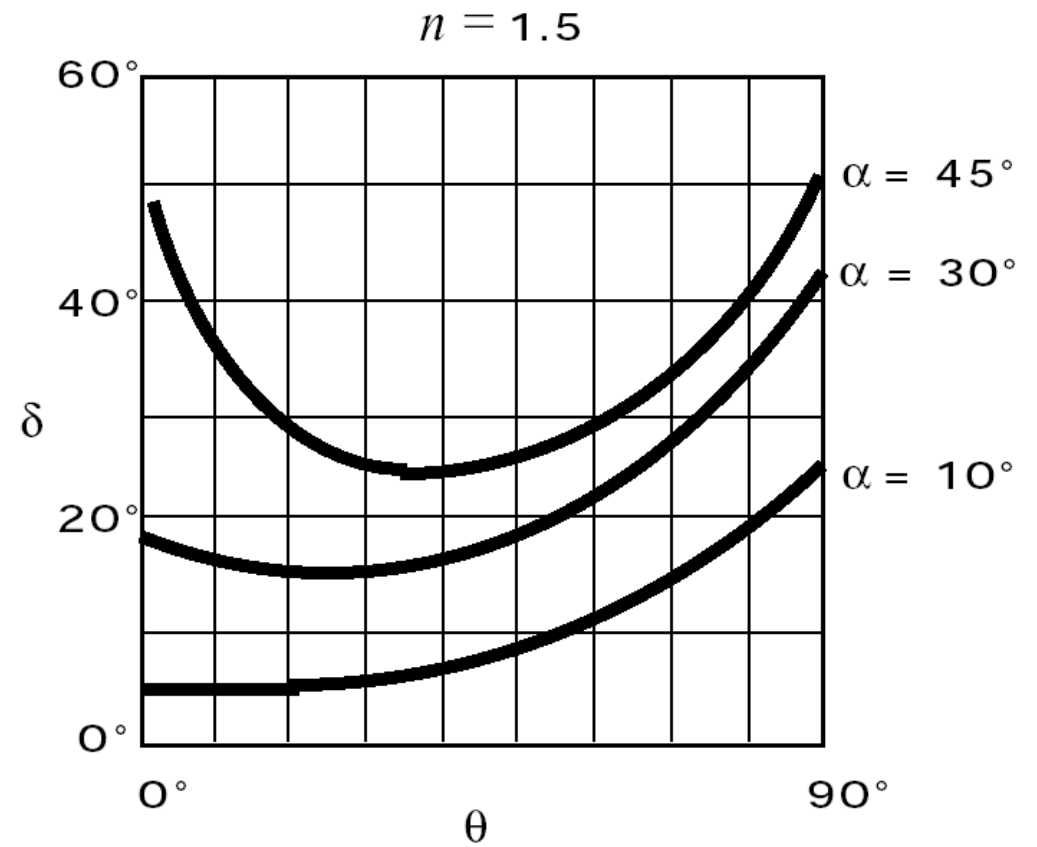
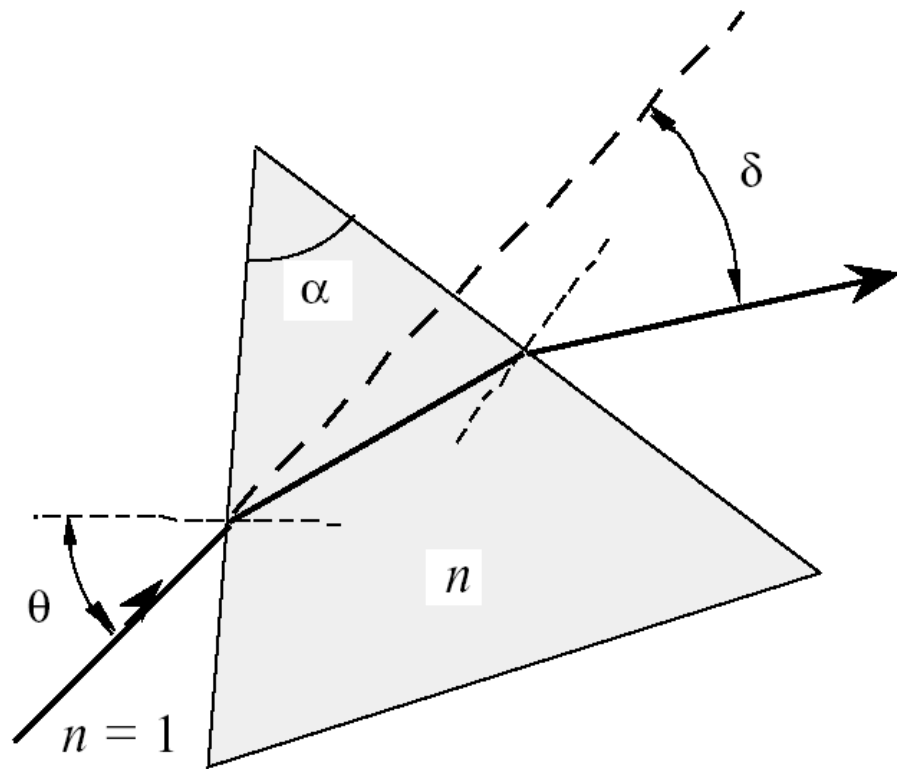


(a)

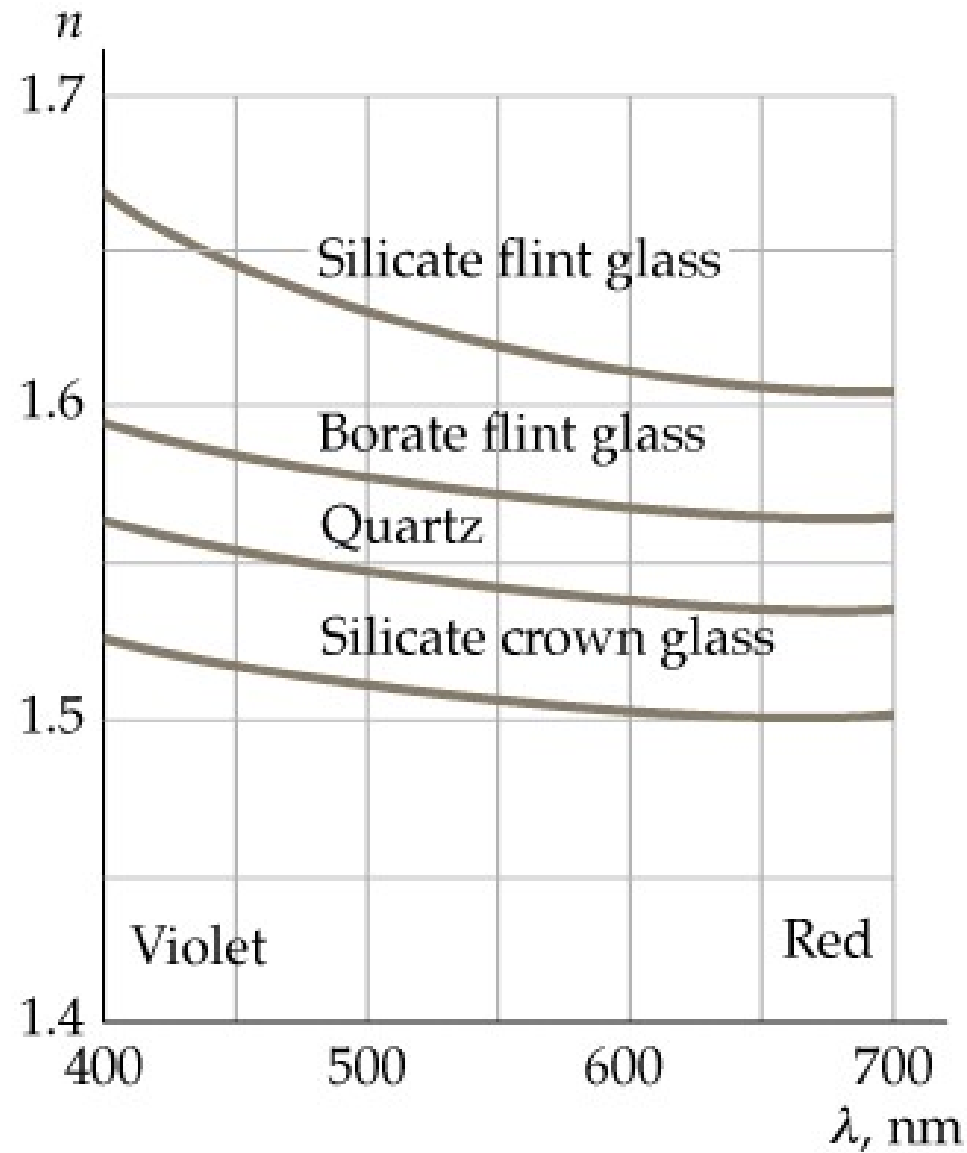


(b)

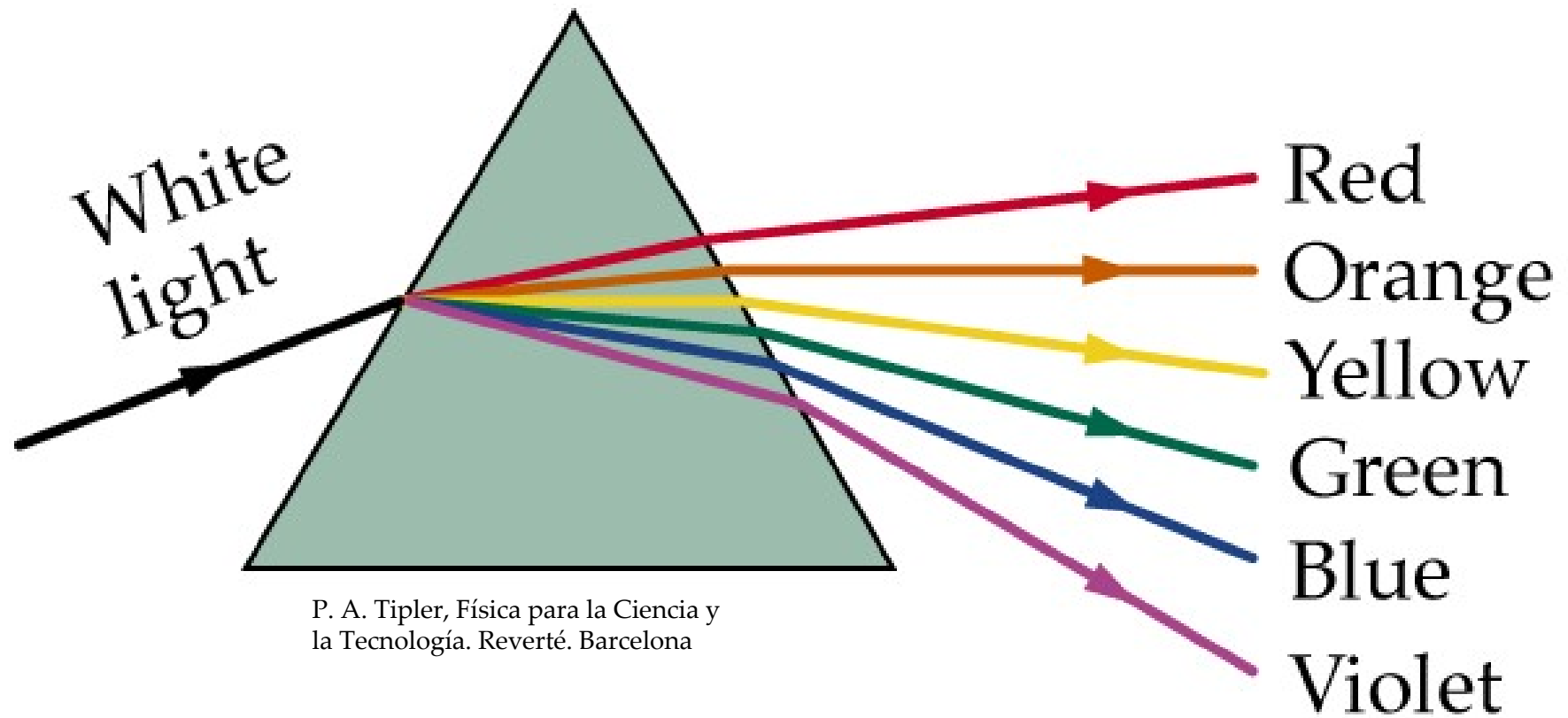
■ PRISMAS



■ **Dispersión cromática**

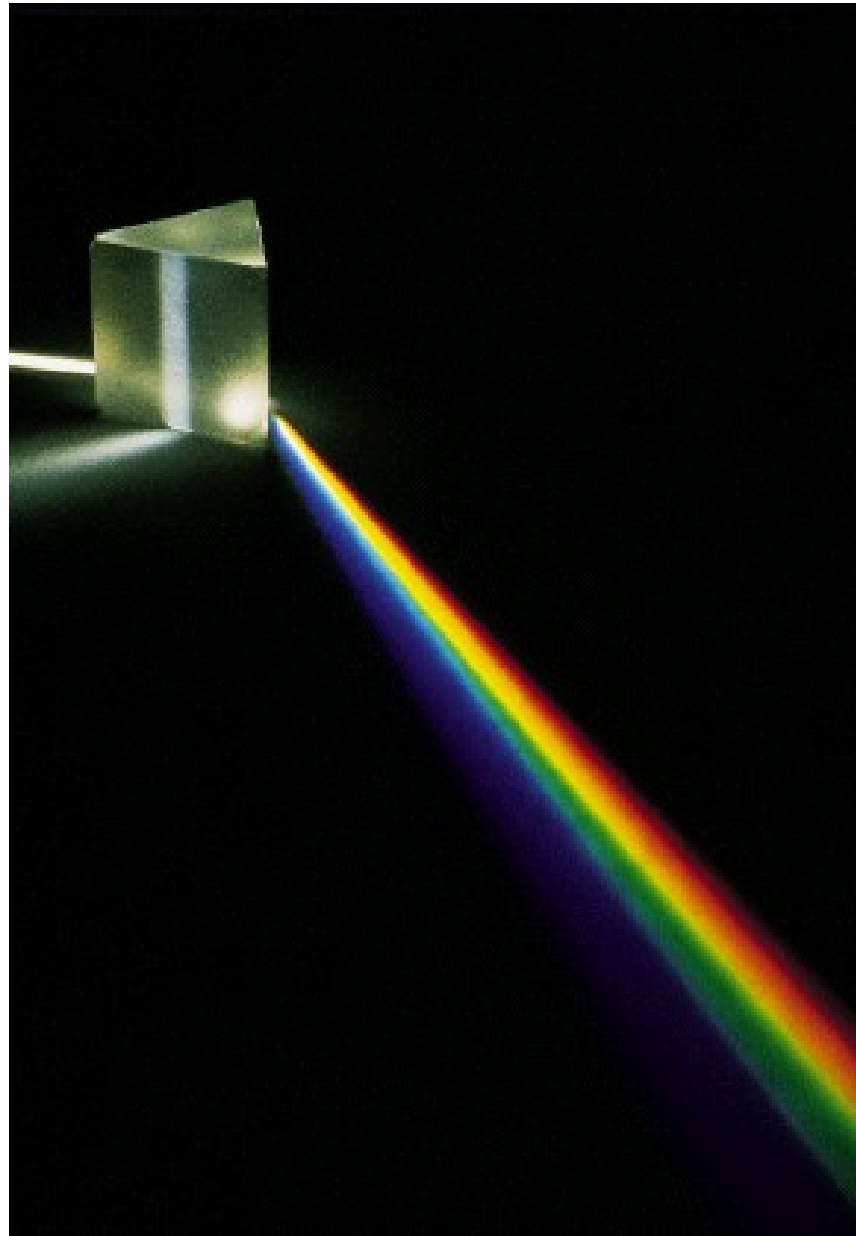


P. A. Tipler, Física para la Ciencia y la Tecnología. Reverté. Barcelona



P. A. Tipler, Física para la Ciencia y la Tecnología. Reverté. Barcelona

Refracción en superficies planas



P. A. Tipler, Física para la Ciencia y la Tecnología. Reverté. Barcelona

ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.- Postulados de la Óptica Geométrica

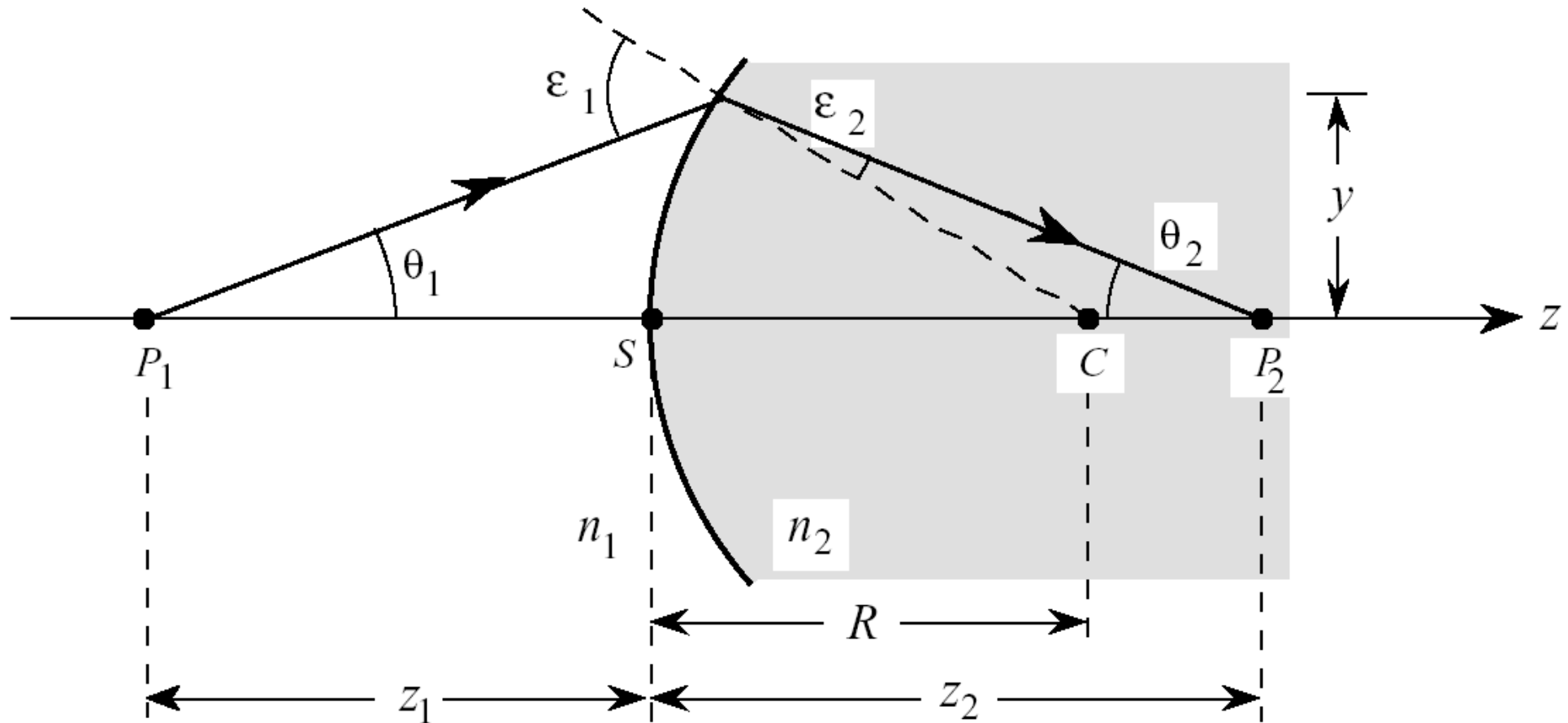
2.- Espejos

3.- Refracción en superficies planas

4.- Refracción en superficies esféricas

5.- Lentes

- DIOPTRIO ESFÉRICO



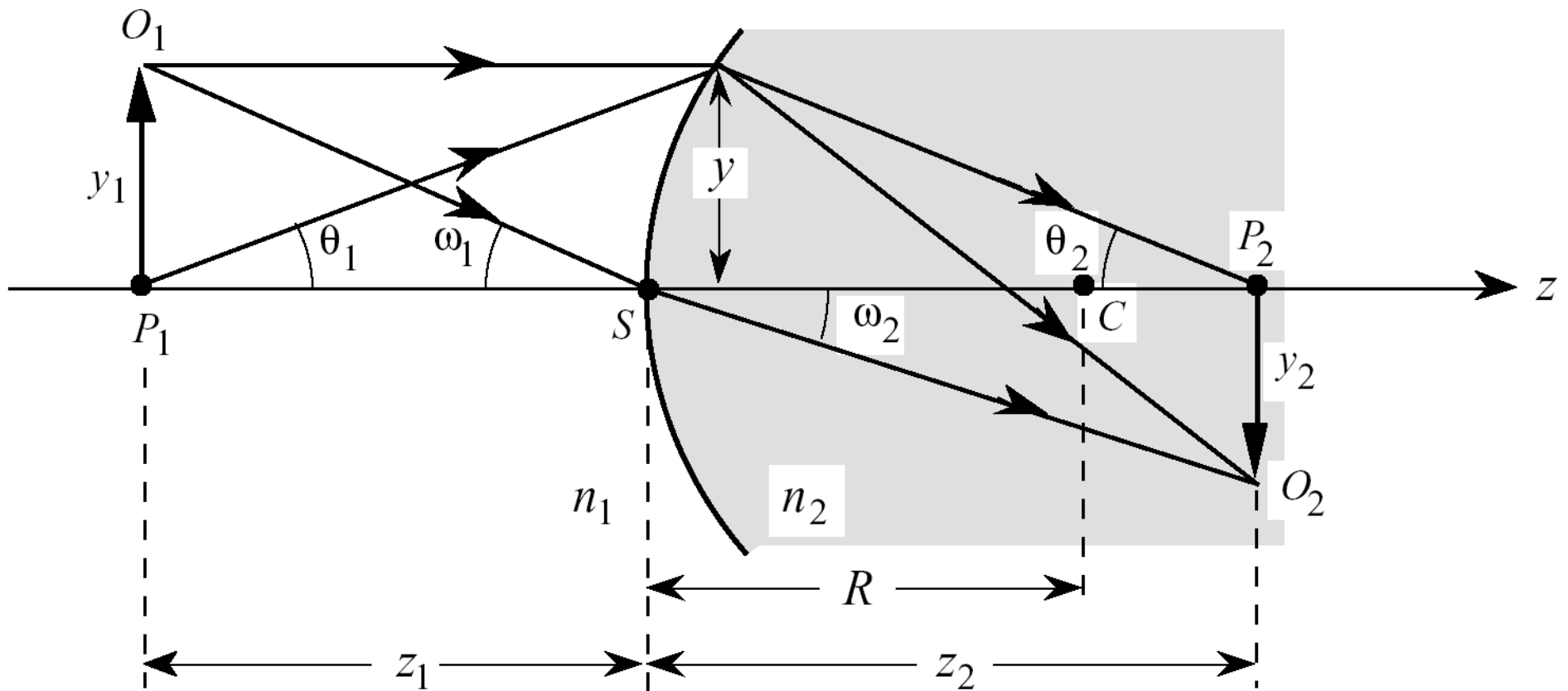
$$\theta_2 = \frac{n_2 - n_1}{n_2 R} y + \frac{n_1}{n_2} \theta_1$$

Relación objeto-imagen

$$-\frac{n_1}{z_1} + \frac{n_2}{z_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Aumento lateral

$$m = \frac{n_1}{n_2} \frac{z_2}{z_1}$$



ÓPTICA GEOMÉTRICA

1.- Postulados de la Óptica Geométrica

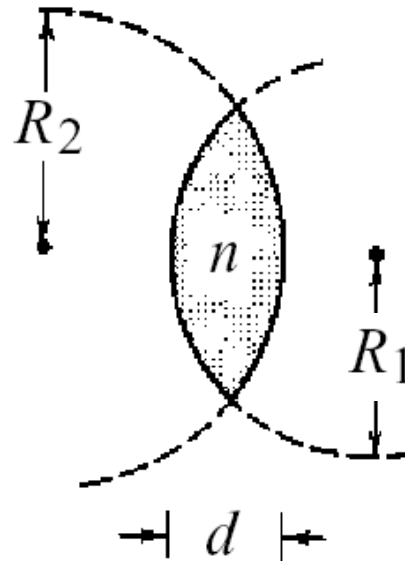
2.- Espejos

3.- Refracción en superficies planas

4.- Refracción en superficies esféricas

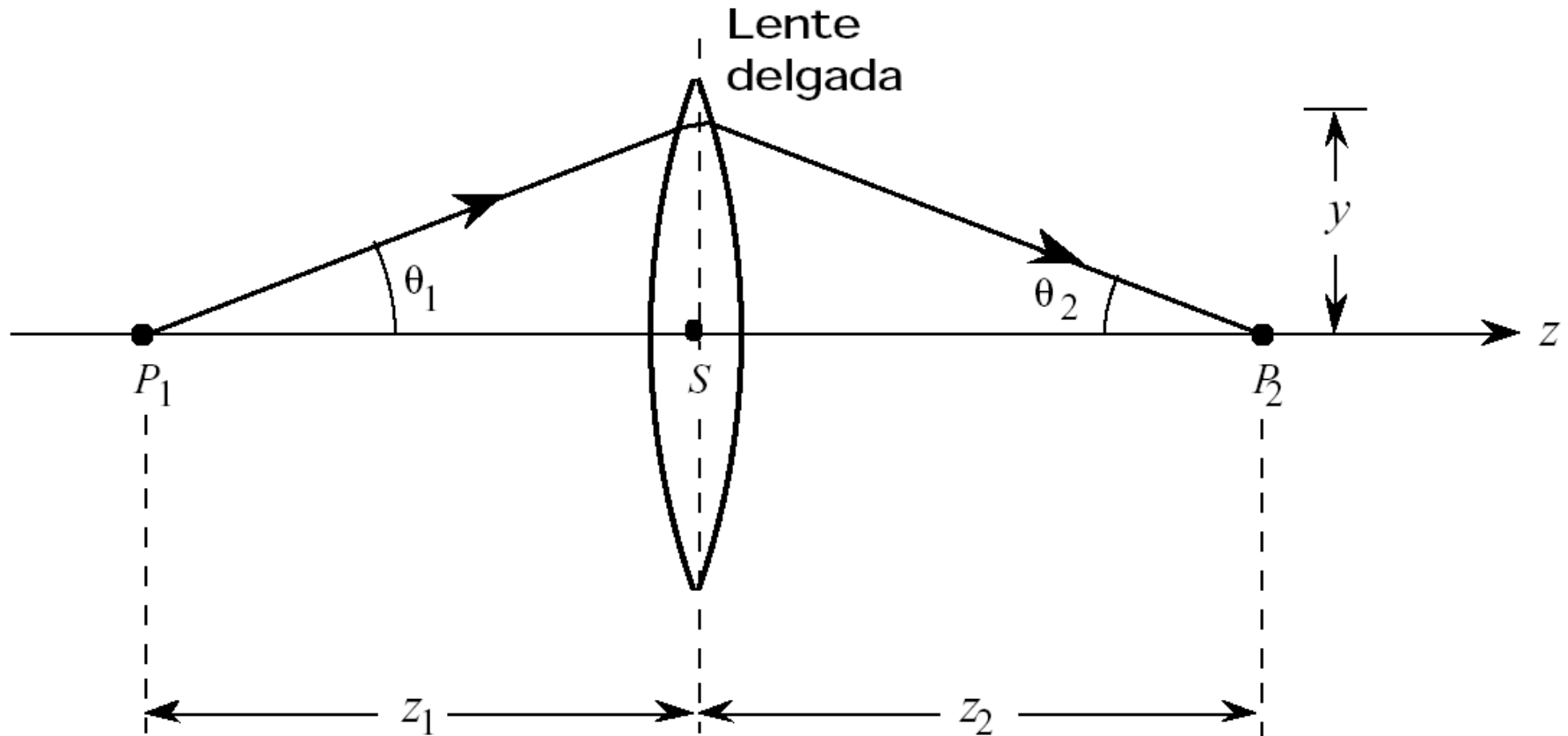
5.- Lentes

- LENTES ESFÉRICAS



- LENTES ESFÉRICAS DELGADAS

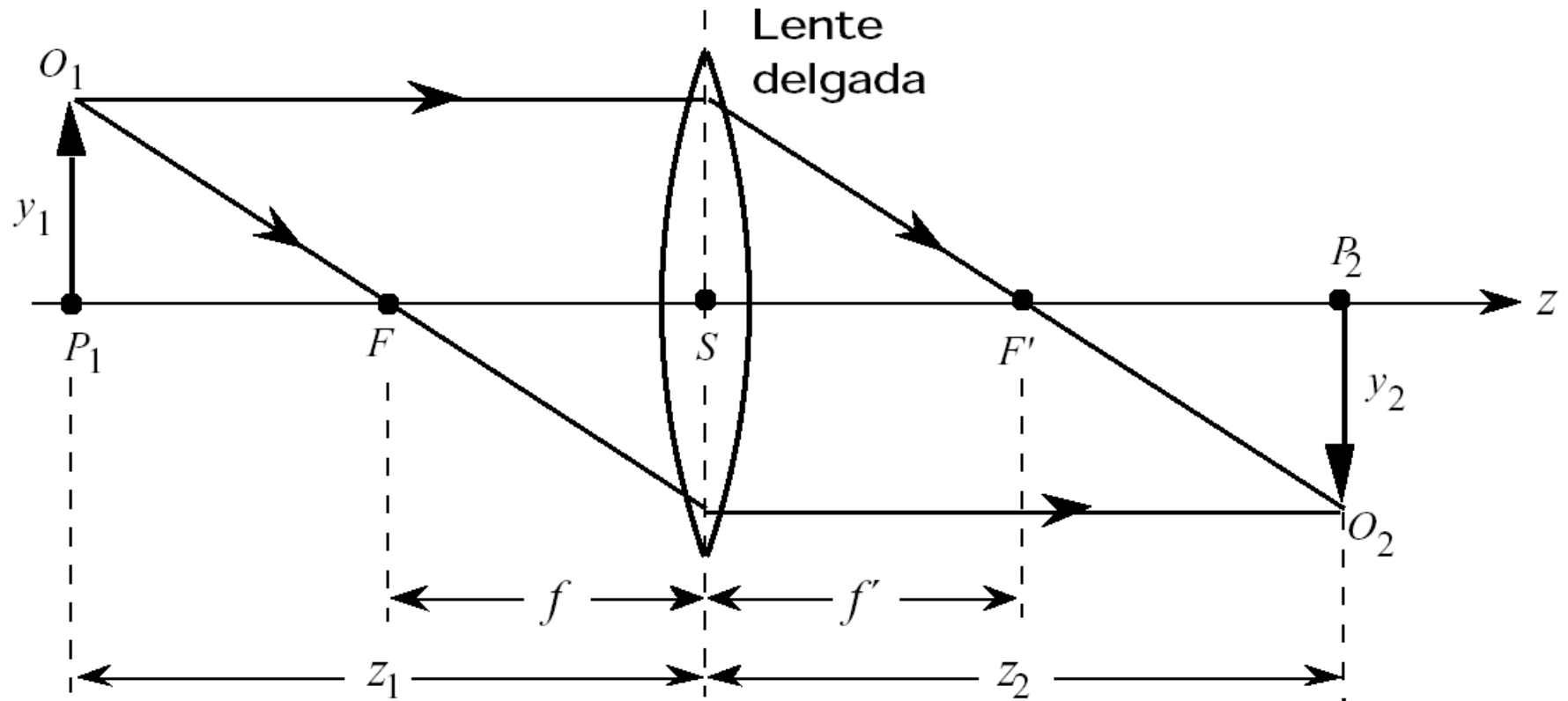
El espesor d es despreciable respecto a los radios de curvatura



$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{y}{f'}$$

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Focal imagen de la lente en aire

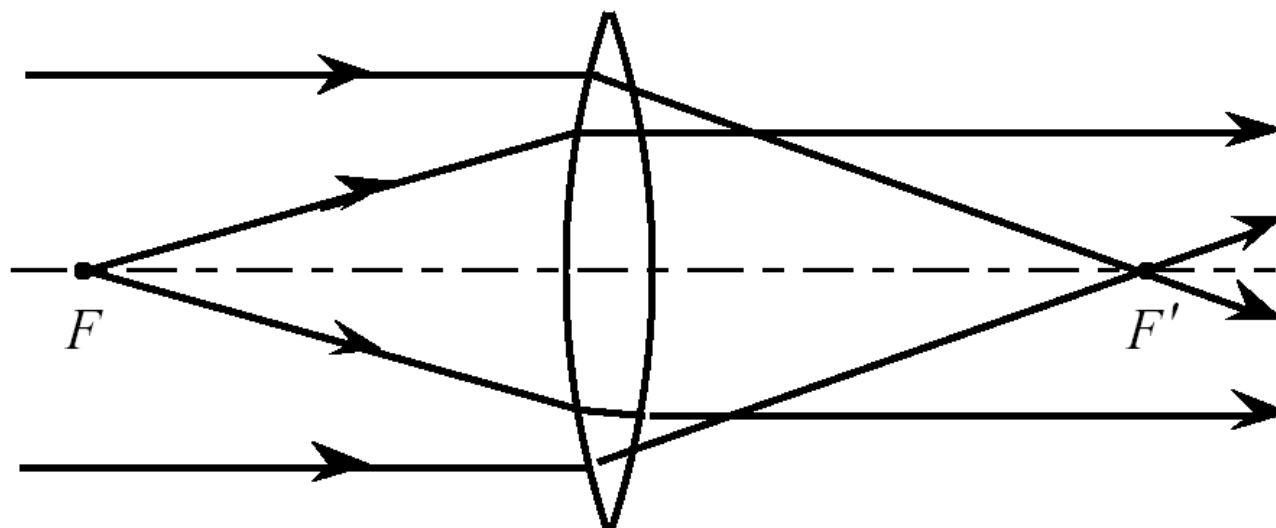


Relación objeto-imagen

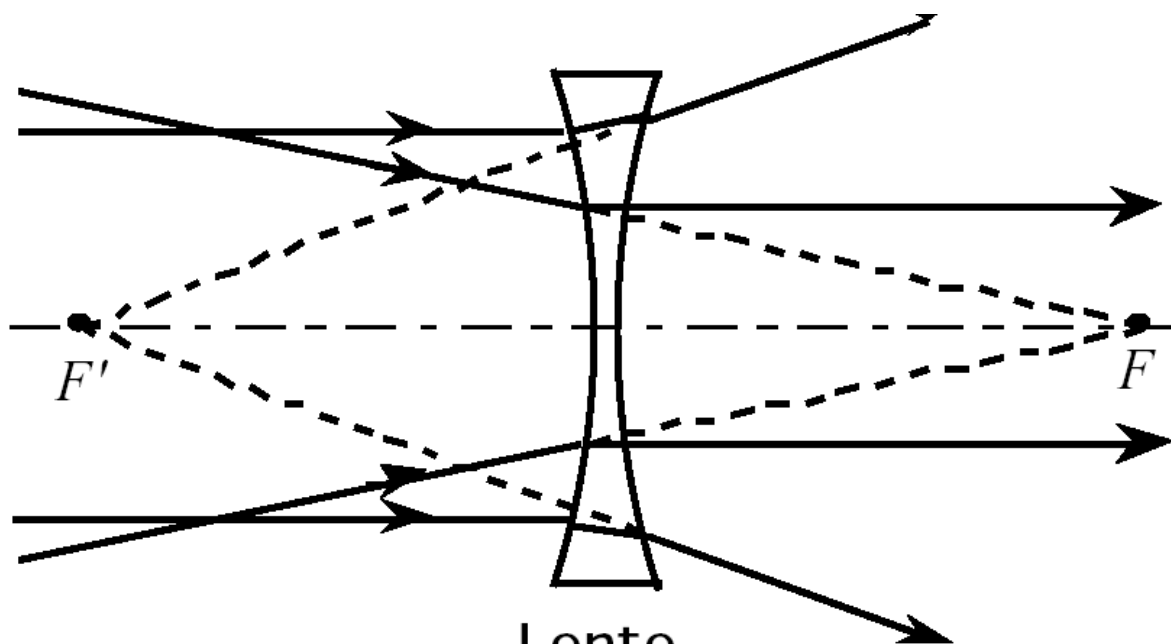
$$-\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} = \frac{1}{f'}$$

Aumento lateral

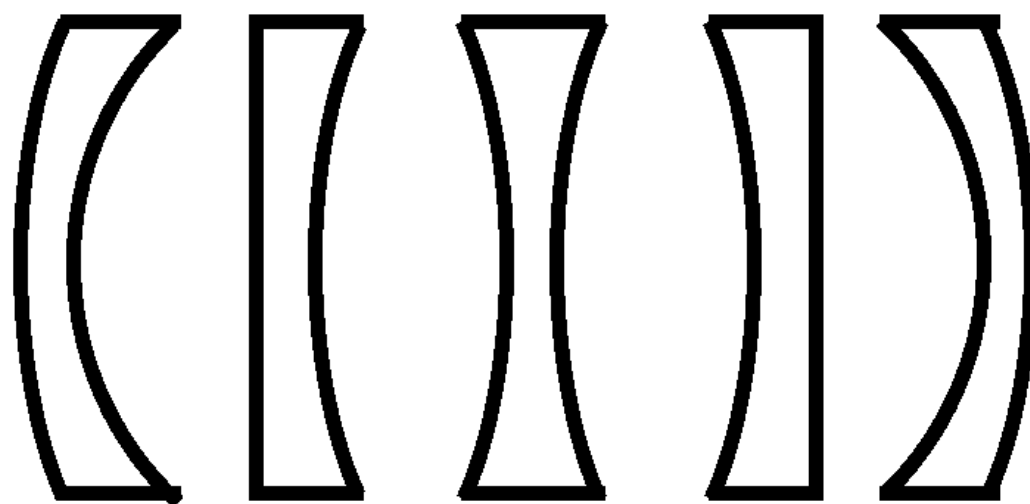
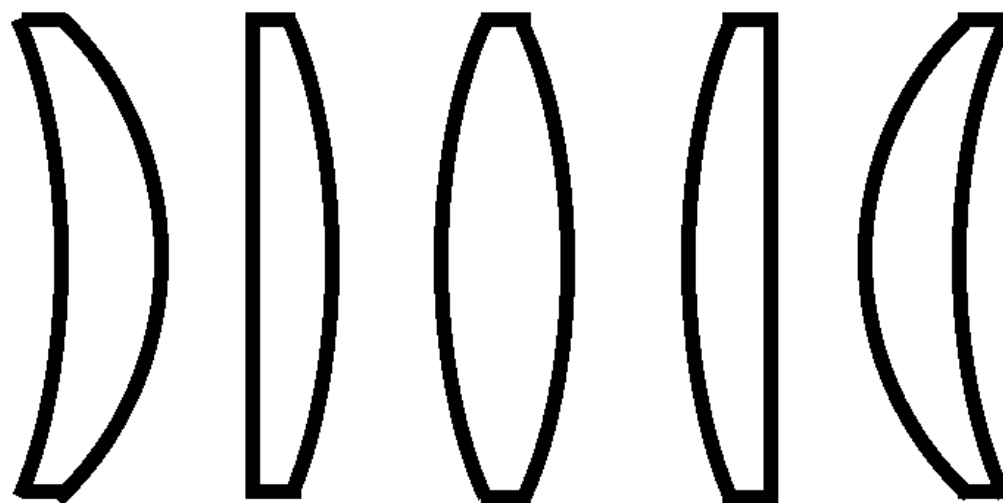
$$m = \frac{z_2}{z_1}$$



Lente
convergente



Lente
divergente



- TRAZADO GRÁFICO DE RAYOS EN LENTES DELGADAS

