

ÓPTICA

RESUMEN

APROXIMACIÓN DEL RAYO.

1. El estudio de la reflexión y la refracción de las ondas luminosas se simplifica haciendo uso de la **aproximación del rayo**.
2. Un **rayo** puede definirse como la línea que indica la dirección de propagación de la energía radiante.
3. Los rayos son siempre **perpendiculares** a los **frentes de onda**.
4. Los rayos son **rectilíneos** si la luz se propaga en un medio **isótropo**.

REFLEXIÓN DE LA LUZ.

1. Cuando un rayo luminoso incide sobre la superficie de separación de dos medios distintos, parte de la energía luminosa sigue propagándose por el mismo medio (**reflexión**) y parte de dicha energía pasa a propagarse por el segundo medio (**refracción**).
2. **Leyes de Snell para la reflexión:**
 - I) El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.
 - II) El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en el mismo plano (**plano de incidencia**).
3. **Reflexión especular:** se produce cuando las irregularidades de la superficie de separación de ambos medios son pequeñas comparadas con la longitud de onda de la luz incidente.
4. **Reflexión difusa:** se produce cuando las irregularidades de la superficie de separación de ambos medios son de un tamaño similar a la longitud de onda de la luz incidente.

REFRACCIÓN DE LA LUZ.

1. Cuando una onda luminosa pasa de un medio a otro distinto, su **velocidad** de propagación **varía**.
2. **Índice de refracción de un medio:** se define como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad a la que se propaga la luz en dicho medio:

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

3. **Leyes de Snell para la refracción:**
 - I) El rayo incidente, el rayo refractado y la normal están en el mismo plano.
 - II) $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} \quad \Leftrightarrow \quad n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$
4. Al refractarse, la **frecuencia** de la luz **no varía**, pero sí lo hace la longitud de onda:

$$\lambda_1 n_1 = \lambda_2 n_2$$

4. **Ángulo límite y reflexión total:** Supongamos que un rayo de luz pasa de un medio con índice de refracción n_1 a otro con índice n_2 y se cumple que:

$$n_1 > n_2$$

Existe un valor del ángulo de incidencia, llamado **ángulo límite** $\hat{i}_L$, que hace que el ángulo de refracción valga 90° . En ese caso, aplicando la Ley de Snell:

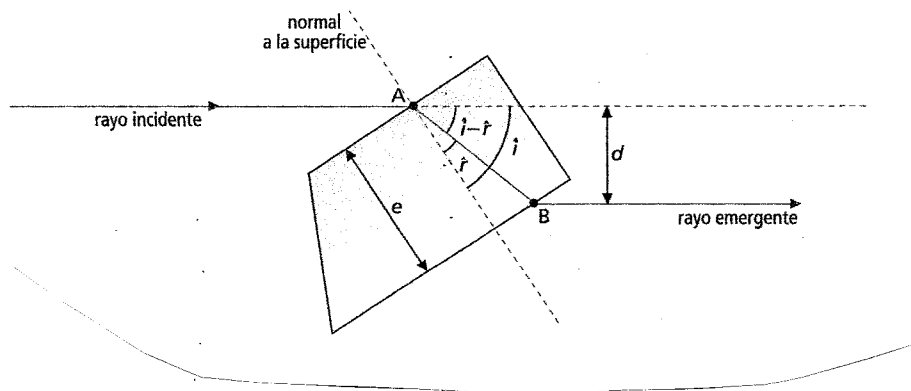
$$n_1 \sen \hat{i}_L = n_2 \sen (90^\circ) = n_2$$

$$\sen \hat{i}_L = \frac{n_2}{n_1}$$

Si el ángulo de incidencia es mayor que $\hat{i}_L$, no se produce refracción. A este fenómeno se le conoce como **reflexión total**.

LÁMINA DE CARAS PLANAS Y PARALELAS.

Supongamos que tenemos una lámina de caras planas y paralelas, con **índice de refracción n** y con un **espesor e** , que se encuentra en el **aire**. Un rayo incide sobre la lámina en el punto A, se refracta, continúa propagándose por el interior de la lámina y emerge por el punto B.



Tras aplicar la Ley de Snell a cada una de las refracciones, se puede concluir lo siguiente:

1. El **ángulo de emergencia** es igual al de incidencia.
2. El rayo recorre dentro de la lámina una **distancia** dada por:

$$\overline{AB} = \frac{e}{\cos \hat{r}}$$

3. Al atravesar la lámina, el rayo sufre un **desplazamiento lateral** respecto a la dirección inicial:

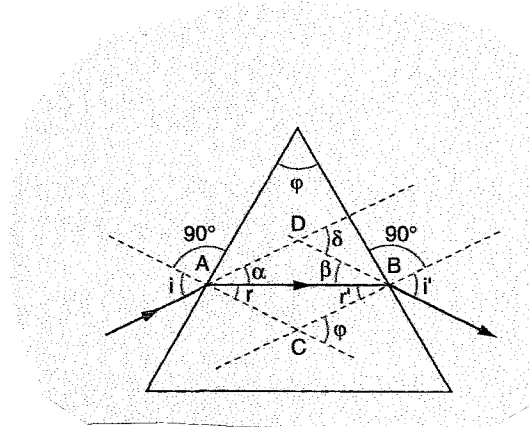
$$d = \frac{e \sen(\hat{i} - \hat{r})}{\cos \hat{r}}$$

PRISMA ÓPTICO.

1. Un prisma óptico es un medio de índice de refracción n formado por dos caras planas no paralelas que forman un ángulo φ , llamado **ángulo del prisma**.

En todo lo que sigue supondremos que el prisma está en el **aire**.

2. Un rayo incide sobre la primera cara con ángulo $\hat{i}$ y emerge por la segunda cara con ángulo $\hat{i}'$, según se muestra en la figura:



Aplicando la Ley de Snell en ambas caras tenemos:

$$1 \cdot \text{sen} \hat{i} = n \cdot \text{sen} \hat{r} \quad \text{Primera cara}$$

$$n \cdot \text{sen} \hat{r}' = 1 \cdot \text{sen} \hat{i}' \quad \text{Segunda cara}$$

$$n = \frac{\text{sen} \hat{i}}{\text{sen} \hat{r}} = \frac{\text{sen} \hat{i}'}{\text{sen} \hat{r}'}$$

3. Si prolongamos las rectas normales a las caras del prisma, observamos que se cortan formando un ángulo igual a φ .

Vemos también que φ es un ángulo exterior al triángulo ABC, por tanto, φ es igual a la suma de los ángulos internos no adyacentes, es decir:

$$\varphi = \hat{r} + \hat{r}'$$

4. Si prolongamos los rayos incidente y emergente, veremos que se cortan formando un ángulo δ , llamado **ángulo de desviación**, ya que indica cómo se aparta el rayo de su trayectoria inicial al atravesar el prisma.

Como δ es un ángulo exterior al triángulo ADB, es igual a la suma de los ángulos internos no adyacentes:

$$\delta = \alpha + \beta$$

Podemos comprobar que:

$$\hat{i} = \alpha + \hat{r} \Rightarrow \alpha = \hat{i} - \hat{r}$$

$$\hat{i}' = \beta + \hat{r}' \Rightarrow \beta = \hat{i}' - \hat{r}'$$

Llevando esto a la ecuación para δ , y teniendo en cuenta la expresión obtenida anteriormente para φ :

$$\delta = \alpha + \beta = \hat{i} - \hat{r} + \hat{i}' - \hat{r}' = \hat{i} + \hat{i}' - (\hat{r} + \hat{r}')$$

$$\delta = \hat{i} + \hat{i}' - \varphi$$

5. **Desviación mínima:** se produce cuando el rayo, tras refractarse en la primera cara, se propaga por el prisma paralelamente a la base del prisma. En este caso:

$$\hat{i} = \hat{i}' \quad \hat{r} = \hat{r}'$$

$$\varphi = 2\hat{r}$$

$$\delta_{\min} = 2\hat{i} - \varphi$$

Despejando en estas ecuaciones:

$$\hat{r} = \frac{\varphi}{2} \quad \hat{i} = \frac{\delta_{\min} + \varphi}{2}$$

Al aplicar la Ley de Snell en la primera cara obtuvimos:

$$n = \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}}$$

Sustituyendo para el caso de desviación mínima:

$$n = \frac{\text{sen} \left(\frac{\delta_{\min} + \varphi}{2} \right)}{\text{sen} \left(\frac{\varphi}{2} \right)}$$

Esta expresión permite **determinar experimentalmente el índice de refracción** del material del que está formado el prisma midiendo los ángulos φ y $\delta_{\min}$.

ESPEJOS PLANOS:

$$n' = -n$$

$$R = \infty$$

$$* \quad \frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}$$

$$\Rightarrow \quad -\frac{n}{s'} - \frac{n}{s} = 0$$

$$\Rightarrow \quad -\frac{n}{s'} = \frac{n}{s} \Rightarrow \boxed{s' = -s}$$

$$* \quad M_L = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{ns} = -\frac{s'}{s} = \frac{+s}{s} = 1$$

$$\Rightarrow$$

$$\boxed{y' = y}$$

ESPEJOS ESFÉRICOS

$$n' = -n$$

$$* \quad \frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R}$$

$$\Rightarrow$$

$$-\frac{n}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{-2n}{R}$$

$$\Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}}$$

EC. FOTM

ESP. ESFÉRICOS

- Dist. focal Imagen: $s' = f'$, $s = -\infty$
- Dist. focal objeto: $s' = \infty$, $s = f$

$$\frac{1}{f'} + \frac{1}{-\infty} = \frac{2}{R} \Rightarrow$$

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

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \Rightarrow \boxed{f = \frac{R}{2}}$$

• E.F.EE $\rightarrow \frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R} \Rightarrow$

• $n_c = \left[\frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \right]$

• CONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES:

a) ESPECJO CONCAVO:

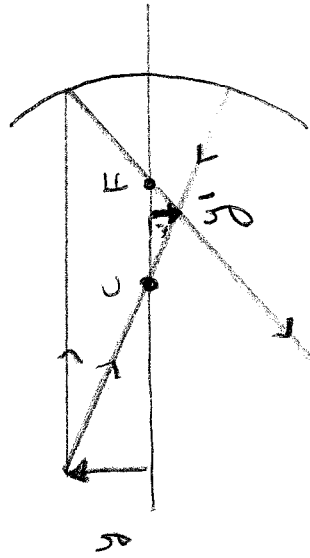


Imagen real,
invertida
menor tamaño

$\left[\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \right]$

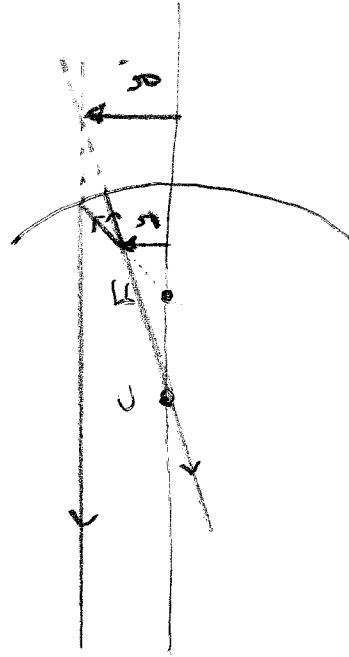
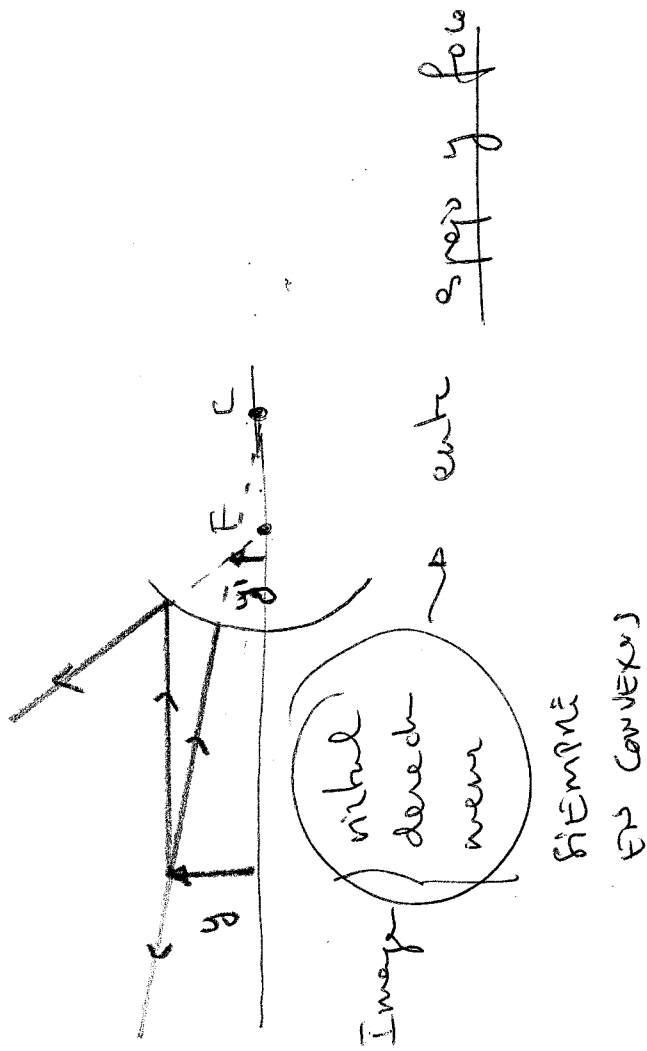


Imagen
virtual
derecha
mayor tamaño

b) ESPEJOS CONVEXOS



LENTEJAS DELGADAS

• EC. FOTIAL:

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

• DIST. FOCAL OBJETO: $-\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

• DIST. FOCAL IMAGEN: $\frac{1}{f'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$

• EC. FOTIAL:

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = -\frac{1}{f}$$

• POTENCIA:

$$P = \frac{1}{f'}$$

(Ver signos)

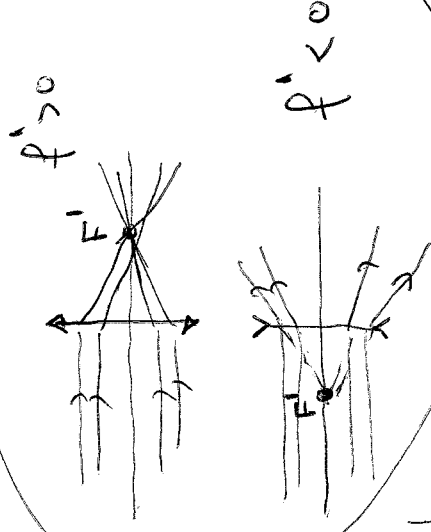
$$\text{dioptrías: } D = m^{-1}$$

$\left. \begin{array}{l} P > 0 \text{ convergente} \\ P < 0 \text{ divergente} \end{array} \right\}$

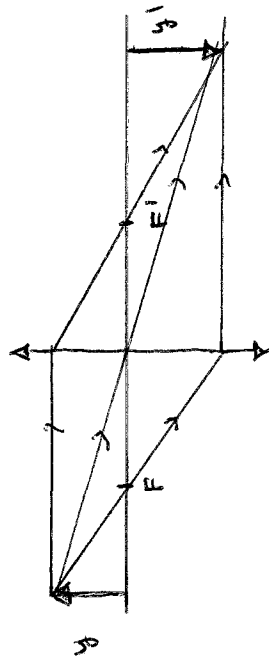
$$f' = -f$$

• AUMENTO LATERAL:

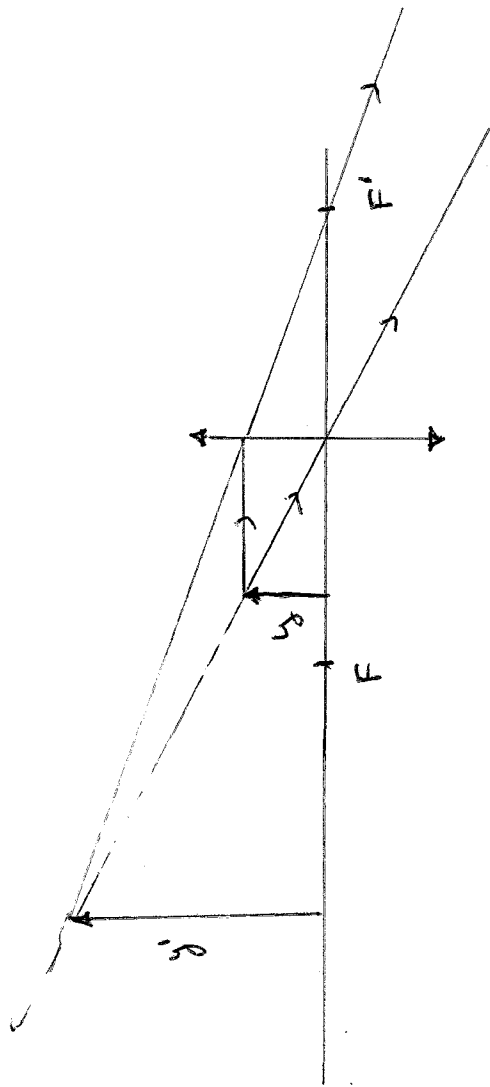
$$M_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$



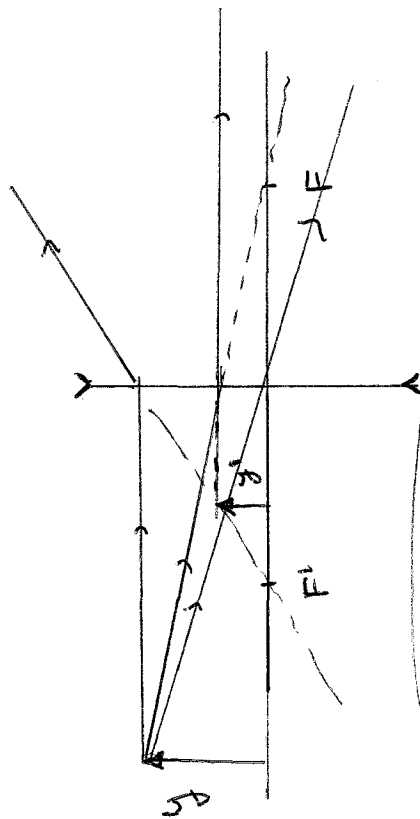
CONSTRUCCIÓN DE IMÁGENES:



Im. REAL, INV.,



Im. VIRTUAL, UPRIGHTA, DERECHA



Im. VIRTUAL, UPR., MENOR

siempre es
divergentes

