



Universidad Nacional de San Luis
Fac. Cs. Físico-Matemáticas y Naturales
Departamento de Física

Capítulo 8 Óptica Geométrica

Universidad Nacional de San Luis
Tecnatura Universitaria en Obras Viales
Tecnatura Universitaria en Procesamiento de Minerales
Tecnatura Universitaria en Explotación Minera

¿Qué fenómenos queremos estudiar?



El modelo de Rayo de Luz

La luz a menudo viaja en línea recta.
Representaremos a la luz utilizando rayos, los cuales son líneas rectas que emanan de un objeto. Esto es una idealización, pero muy útil para explicar los fenómenos relacionados con la luz.

Como las explicaciones implican rayos en líneas rectas según varios ángulos, este tema se llama **Óptica Geométrica**.



Leyes de la Reflexión

1. La Normal a la superficie, el rayo incidente y el rayo reflejado están en el mismo plano.
2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión; $\theta_i = \theta_r$.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Planos

- ✓ Reflexión **especular**, para observar la luz reflejada el ojo debe estar en el lugar correcto, según las leyes de reflexión.
- ✓ Reflexión **difusa**, la luz reflejada se observa en todas las direcciones.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Planos

La imagen de un objeto reflejado en un espejo plano **parece** venir detrás del espejo. Los ojos y el cerebro interpretan que los rayos siguen una trayectoria recta. El punto desde el cual cada rayo parece venir es la imagen.

Los ángulos **ADB** y **CDB** son rectos. Los ángulos **ABD** y **CBD** son iguales por la ley de reflexión, por lo tanto los triángulos **ADB** y **CDB** son iguales; y la distancia $AD = DC \rightarrow d_o = d_i$

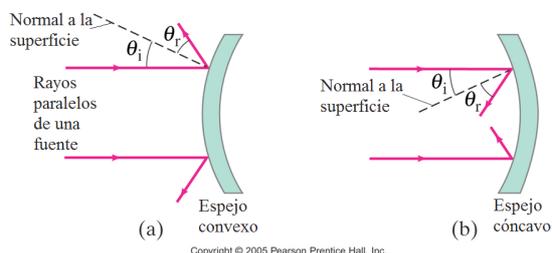
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Tipos de Imágenes

- ✓ **Imagen virtual.** Los rayos de luz no pasan realmente por la ubicación de la imagen. El cerebro interpreta que los rayos vienen de la posición de la imagen. Si se coloca una pantalla en el lugar donde está la imagen, ésta no aparecerá. La imagen virtual se forma con la prolongación de los rayos reflejados.
- ✓ **Imagen real.** En este caso la luz pasa por la posición de la imagen. Si se coloca una pantalla en el lugar de la imagen aparecerá la misma. Por ejemplo un proyector de cine forma la imagen en la pantalla.

Reflexión: Espejos Esféricos

Los espejos **curvos** más comunes son los esféricos. La superficie reflectante puede ser la exterior, espejo **convexo**, o la interior espejo **cóncavo**.



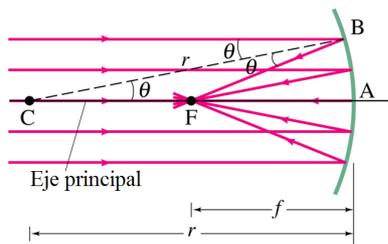
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Esféricos

Si la curvatura del espejo es pequeña (tal que el ángulo θ sea pequeño), los rayos que inciden paralelos convergen en un punto (F) llamado foco. La distancia AF se llama distancia focal f .

Utilizando geometría se encuentra que:

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



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Esféricos

Rayo 1: sale de O' paralelo al eje principal se refleja pasando por F.

Rayo 2: sale de O' y pasa por F, se refleja paralelo al eje principal.

Rayo 3: pasa por el centro C, se refleja con el mismo ángulo de incidencia.

Donde se cortan los tres rayos se forma la imagen

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Esféricos

A partir de la geometría es posible derivar la relación entre la distancia imagen (d_i), distancia objeto (d_o) y distancia focal, f .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Esféricos

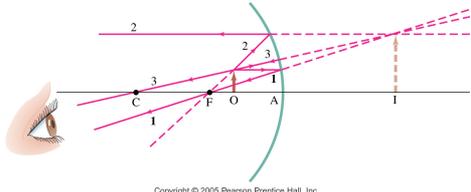
También es posible encontrar la relación entre las alturas del objeto y de la imagen, llamada aumento, m :

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

- ✓ Si m es negativo, significa que la imagen es invertida. Si es positivo la imagen es derecha.
- ✓ Si $|m| > 1$ la imagen es aumentada y si $|m| < 1$ la imagen es disminuida.

Reflexión: Espejos Esféricos

Si el objeto está entre el foco y el espejo la imagen es virtual derecha y aumentada.

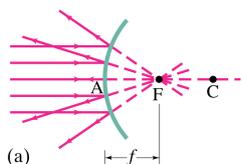


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Encontrar como es la imagen cuando el objeto está entre el foco y el centro; y cuando el objeto está más allá del centro.

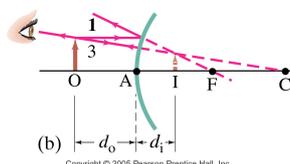
Reflexión: Espejos Esféricos

En los espejos convexos la marcha de rayos se cumple de igual manera.



(a)

En el caso de los espejos convexos la imagen siempre es virtual, derecha y disminuida.



(b)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Reflexión: Espejos Esféricos

Resolución de problemas:

1. Dibuje el diagrama de rayos, la imagen se encuentra donde se cortan los rayos reflejados.
2. Aplique la ley de los espejos y del aumento para determinar analíticamente la posición y el aumento de la imagen, respectivamente.
3. Convención de signos: si el objeto, la imagen o el foco están del lado reflectante, las distancias son positivas; caso contrario son negativas.
4. Verificar el resultado analítico con la marcha de rayos.

Reflexión: Espejos Esféricos

Ejemplo 1. Un objeto de 1,50 cm de alto se coloca a 20,0 cm de un espejo cóncavo cuyo radio de curvatura es de 30,0 cm. Determinar (a) la posición de la imagen y (b) su tamaño. ¿Cuáles son las características de la imagen?

Índice de Refracción

La luz en el vacío viaja a una velocidad de:

$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

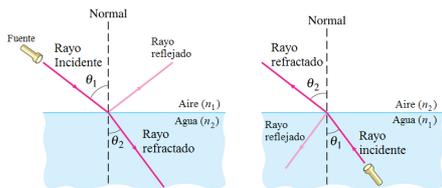
En cualquier otro medio esta velocidad disminuye. El cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y en dicho medio se llama **índice de refracción**:

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

Índices de Refracción	
Medio	$n = c/v$
Vacio	1,0000
Aire	1,0003
Agua	1,33
Alcohol	1,36
Vidrio	
cuarzo fundido	1,46
vidrio crown	1,52
pedernal ligero	1,58
Lucita o Plexiglas	1,51
Cloruro de sodio	1,53
Diamante	2,42

Refracción: Ley de Snell

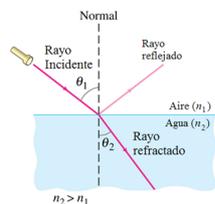
Cuando la luz pasa de un medio con un índice de refracción a otro, parte de la luz se refleja y la otra parte pasa al nuevo medio. Al entrar al nuevo medio cambia de dirección.



(a) El rayo refractado se acerca a la normal $n_2 > n_1$ (b) El rayo refractado se aleja de la normal $n_1 > n_2$

Refracción: Ley de Snell

El ángulo de refracción depende de los índices de refracción, y está dado por la **ley de Snell**:



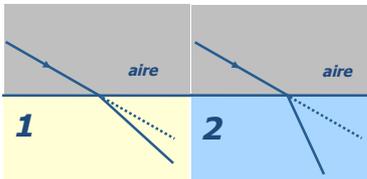
$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Pregunta Conceptual

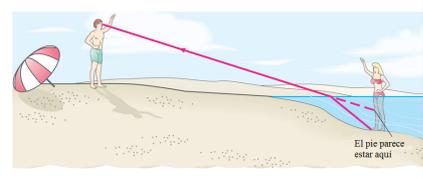
Dos rayos paralelos cruzan la interfase desde el aire a dos medios distintos, 1 y 2, y son refractados como muestra la figura. ¿En cual de esos medios la luz se mueve más rápido?

- ① En el medio 1
- ② En el medio 2
- ③ Es igual en ambos



Refracción: Ley de Snell

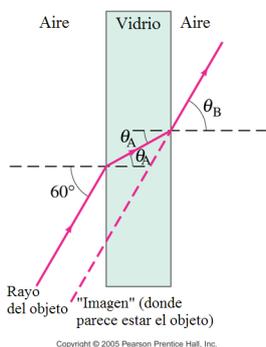
La refracción explica porqué los cuerpos medio sumergidos tienen apariencia extraña.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Refracción: Ley de Snell

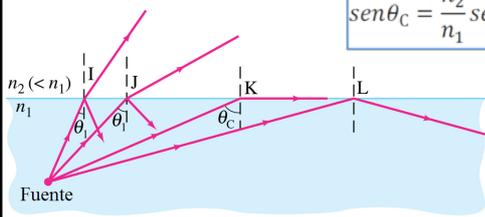
Ejemplo 2. Un haz de luz llega a una pieza de vidrio con un ángulo de incidencia de 60° . El índice de refracción del vidrio es de 1,50. (a) ¿Cuál es el ángulo de refracción θ_A en el vidrio? (b) ¿Cuál es el ángulo de refracción θ_B con que el rayo emerge del vidrio?



Refracción: Reflexión Total Interna

Si la luz viaja a un medio de menor índice de refracción, el rayo refractado se aleja de la normal. Existe un valor crítico del ángulo de incidencia para el cual el rayo se refracta con un ángulo de 90° , este ángulo se llama crítico.

$$\text{sen}\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \text{sen}90^\circ = \frac{n_2}{n_1}$$

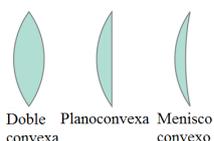


Lentes Delgadas

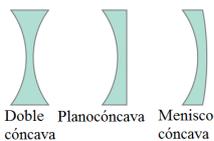
Las lentes delgadas son aquellas que su espesor es pequeño comparado con su radio de curvatura.

Existen dos tipos de lentes:

- a) convergentes
- b) divergentes



(a) Lentes convergentes



(b) Lentes divergentes

Lentes Delgadas: Marcha de Rayos

Rayo 1: sale del punto superior del objeto paralelo al eje principal se refracta pasando por F.

Rayo 2: pasa por F', se refracta paralelo al eje principal.

Rayo 3: pasa por el centro, no se desvía.

Donde se cortan los tres rayos se forma la imagen

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Lentes Delgadas: Marcha de Rayos

Para las lentes divergentes se usan los mismos rayos principales.

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Lentes Delgadas

La ecuación de las lentes delgadas es la misma que la de los espejos esféricos:

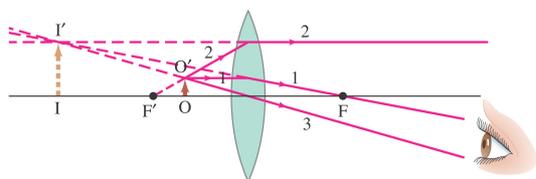
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o} \quad m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

Convención de signos:

1. Si la lente es convergente la distancia focal es positiva, si es divergentes es negativa.
2. La distancia imagen es positiva la imagen es real, si es negativa es virtual.
3. Si el aumento es positivo la imagen es derecha, si es negativo es invertida.

Lentes Delgadas

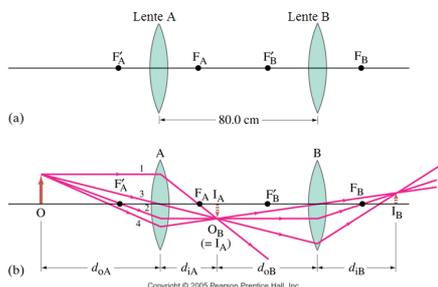
Ejemplo 3. Un objeto es colocado a 10,0 cm de una lente convergente de 15,0 cm de distancia focal. Determinar la posición y el aumento de la imagen.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Lentes Delgadas: Combinación

En las lentes combinadas la imagen de la primer lente se convierte en objeto de la segunda lente.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Resumen

- ✓ Espejo plano $\theta_i = \theta_r \Rightarrow d_i = d_o$
- ✓ Ecuación de los espejos esféricos: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$
- ✓ Aumento: $m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$
- ✓ Imagen real: la luz pasa por la imagen
- ✓ Imagen virtual: la luz no pasa por la imagen.
- ✓ Ley de Snell: $n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2$
- ✓ Reflexión total interna $\text{sen}\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$

Resumen

- ✓ Una lente convergente “enfoca” los rayos paralelos en un punto.
- ✓ Una lente divergente “separa” los rayos paralelos, de manera que parecen venir de un punto.
- ✓ Ecuación de las lentes delgadas

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

- ✓ Aumento

$$m = \frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$
