

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica

Clase 3: Reflexión, refracción y lentes convergentes

Verano 2025
Andrea Flórez Anteliz

Óptica geométrica

Objetivos:

- 1) Estudiar el fenómeno de reflexión y refracción de la luz. Determinar experimentalmente las leyes de refracción y reflexión.
- 2) Caracterizar una lente convergente, comprender los conceptos de imagen real, virtual, objeto real y foco.

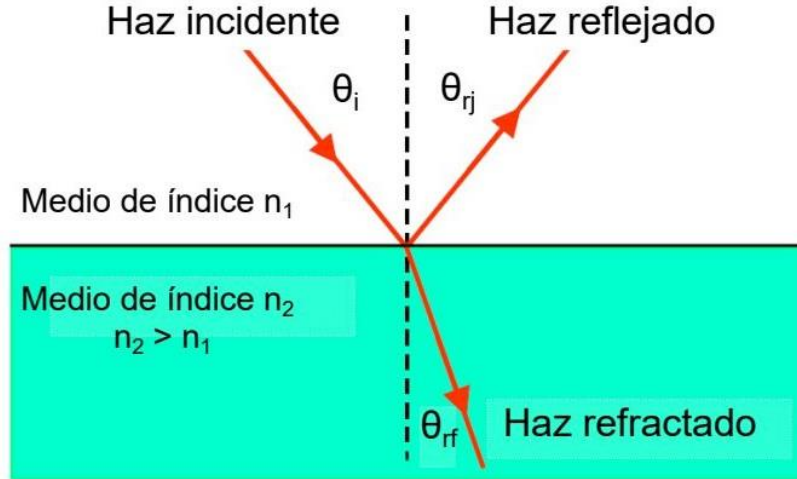
Óptica geométrica

Objetivos:

- 1) Estudiar el fenómeno de reflexión y refracción de la luz. Determinar experimentalmente las leyes de refracción y reflexión.

Leyes de refracción y reflexión

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



Ley de reflexión

$$\theta_i = \theta_{rj}$$

Ley de Snell

$$n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_{rf}$$

Figura 1: Esquema de la reflexión y refracción de un haz de luz que incide sobre una superficie que separa dos medios con índices de refracción diferentes

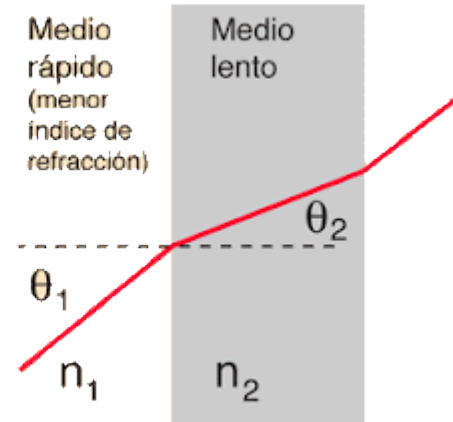
Leyes de refracción y reflexión

El índice de refracción (n) es un número que nos dice cuán rápido viaja la luz en un material en comparación con cómo viaja en el vacío

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

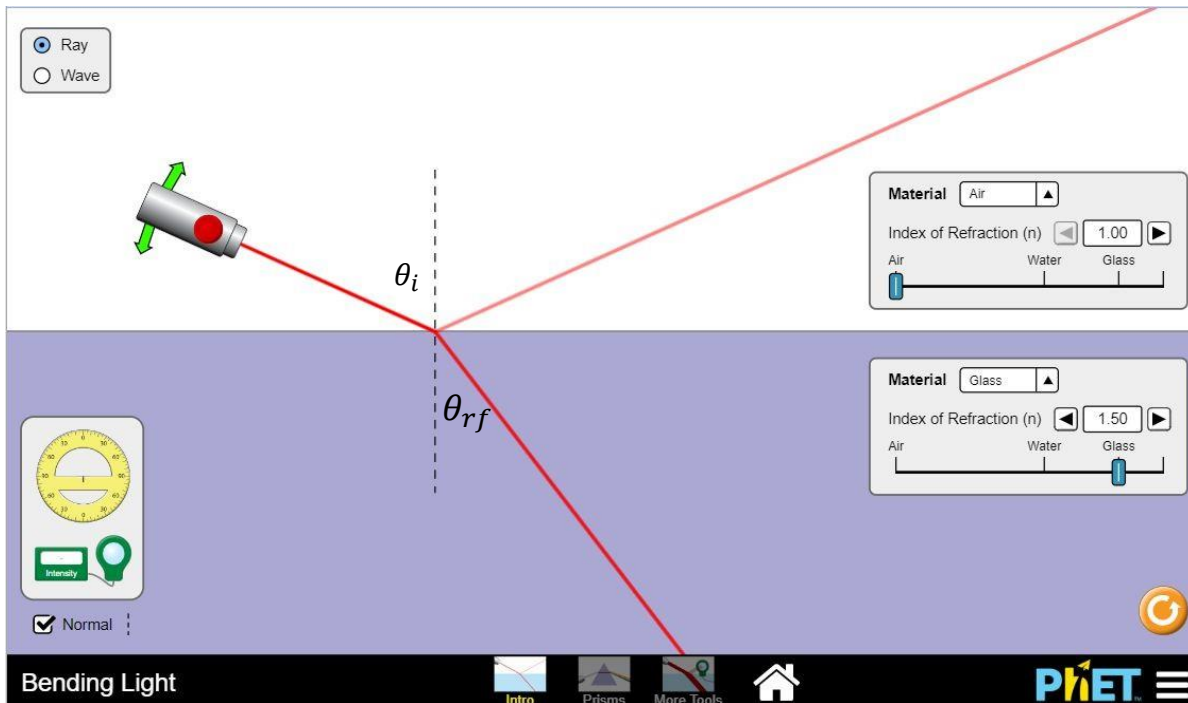
Ley de Snell

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$



MATERIAL	INDICE DE REFRACCION
Aire	1
Agua	$\approx 1,33$
Vidrio	$\approx 1,5$

Ley de Snell: Refracción de un Medio Menos Denso a uno Más Denso ($n_2 > n_1$)



Por Ley de Snell tenemos:

$$n_1 \sen \theta_i = n_2 \sen \theta_{rf}$$

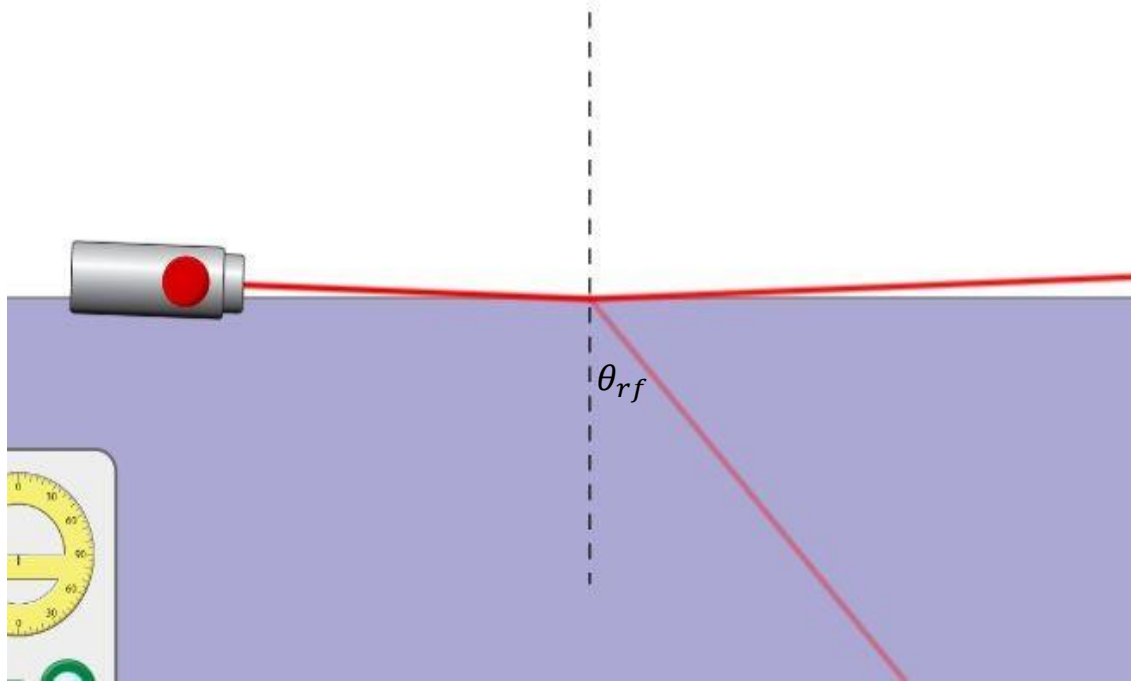
$$\sen \theta_i > \sen \theta_{rf}$$

En este caso el rayo refractado se acerca respecto a la normal.

Simulador

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_en.html

Ley de Snell: Refracción de un Medio Menos Denso a uno Más Denso ($n_2 > n_1$)



Cuando θ_i tiende a $\frac{\pi}{2}$

Por Ley de Snell tenemos:

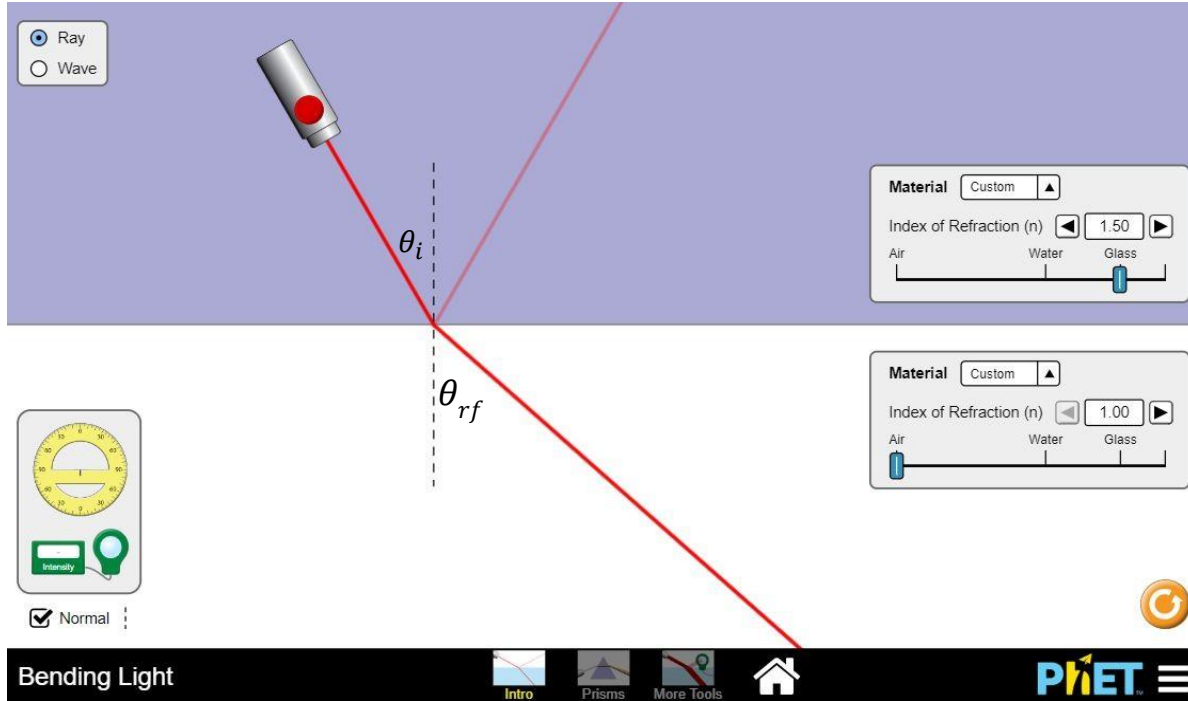
$$n_1 \operatorname{sen} \theta_i = n_2 \operatorname{sen} \theta_{rf}$$

$$\operatorname{sen} \theta_i > \operatorname{sen} \theta_{rf}$$

$$\operatorname{sen} \theta_{rf} \text{ tiende a } \frac{n_1}{n_2}$$

En este caso el rayo refractado se acerca respecto a la normal.

Ley de Snell: Refracción de un Medio Denso a uno Menos Denso ($n_1 > n_2$)



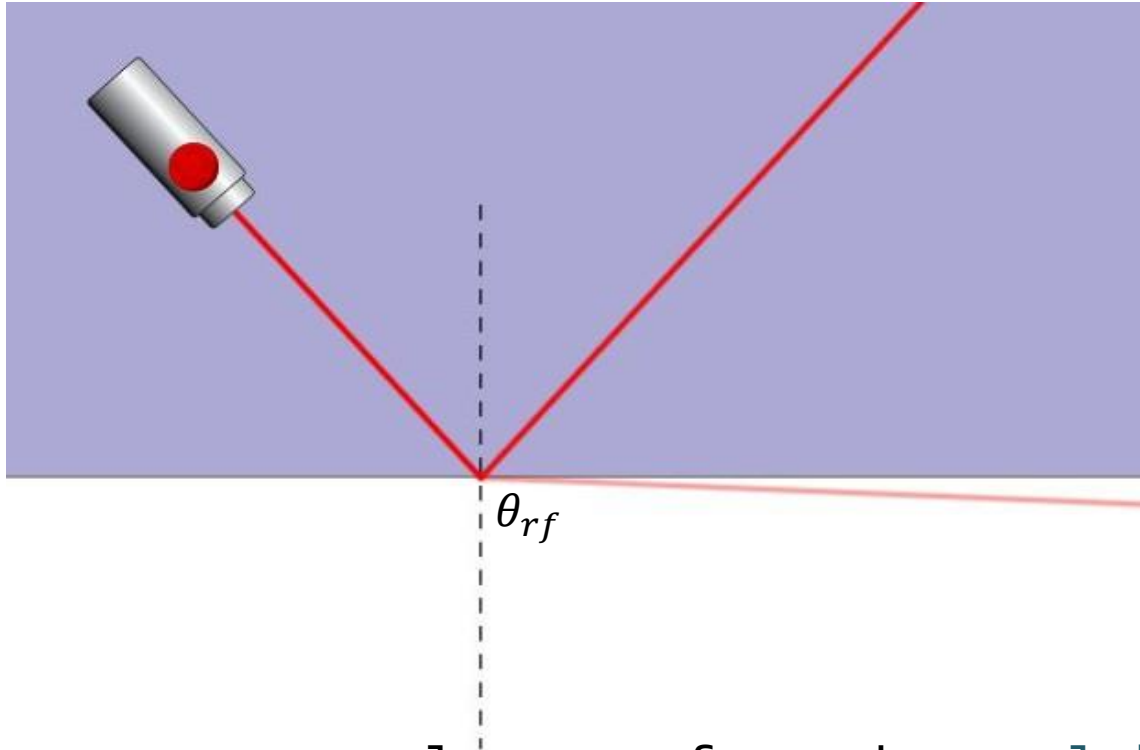
Por Ley de Snell tenemos:

$$n_1 \sen \theta_i = n_2 \sen \theta_{rf}$$

$$\sen \theta_i < \sen \theta_{rf}$$

En este caso el rayo refractado se aleja respecto a la normal.

Ley de Snell: Refracción de un Medio Denso a uno Menos Denso ($n_1 > n_2$)



Cuando θ_{rf} tiende a $\frac{\pi}{2}$

Por Ley de Snell tenemos:

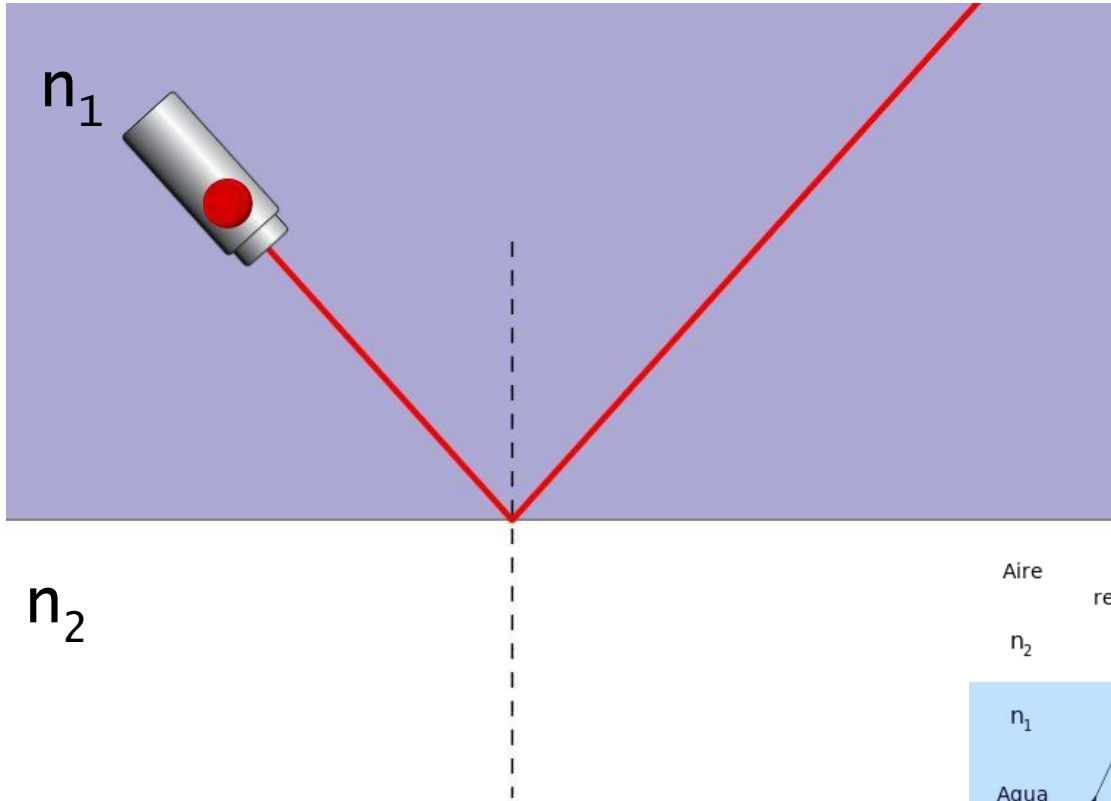
$$n_1 \operatorname{sen} \theta_i = n_2 \operatorname{sen} \theta_{rf}$$

$$\operatorname{sen} \theta_i < \operatorname{sen} \theta_{rf}$$

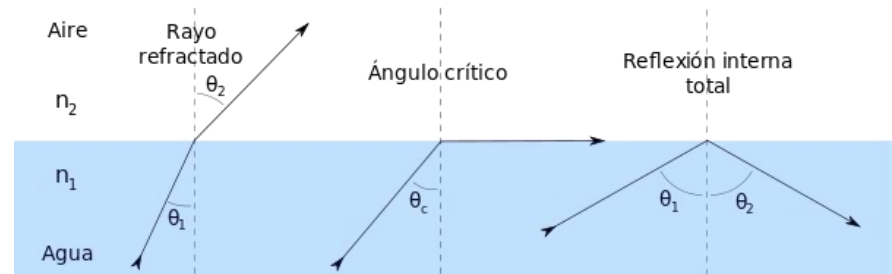
$$\operatorname{sen} \theta_i \text{ tiende a } \frac{n_2}{n_1}$$

En este caso el rayo refractado se aleja respecto a la normal.

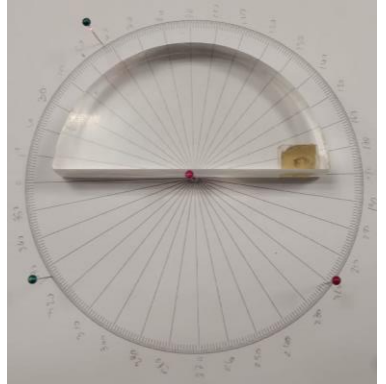
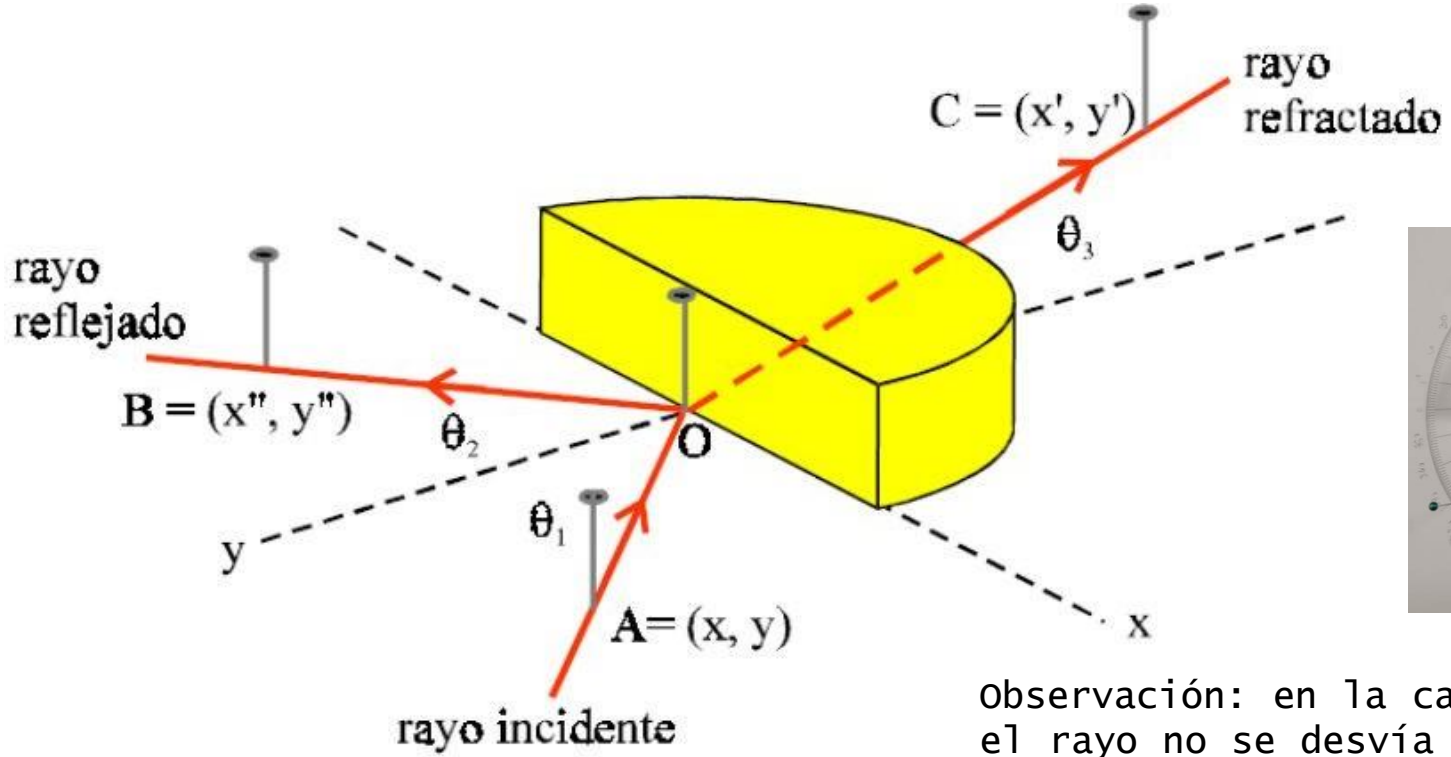
Ángulo de reflexión interna total $n_1 \gg n_2$



Quando $n_1 \gg n_2$, existe un ángulo crítico θ_c de incidencia a partir del cual ya no hay refracción y la reflexión es total.



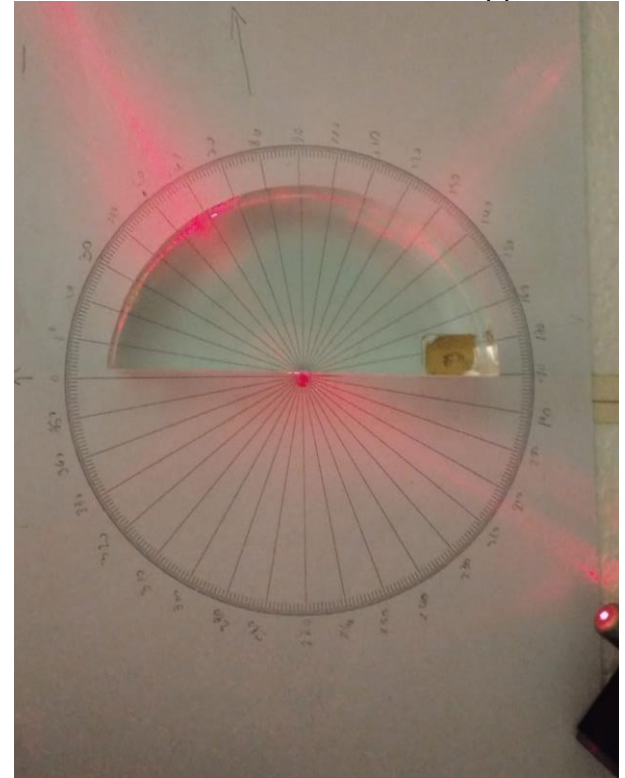
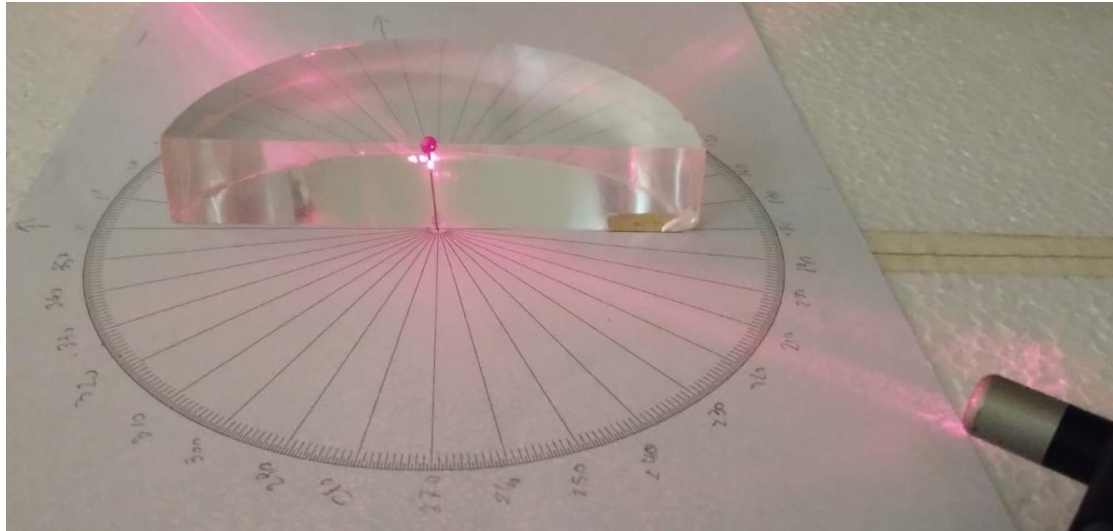
Actividad A y B: "La venganza de los alfileres"



Observación: en la cara cilíndrica el rayo no se desvía aunque haya cambio de índice de refracción porque incide normal a la superficie.

Actividad A: Refracción y reflexión

Incidir con un láser hacia la parte plana de acrílico a distintos ángulos incidentes (θ_i) y medir el θ_r del reflejado y el θ_{rf} del refractado.



Actividad A: Refracción y reflexión

Incidir con un láser hacia la parte plana de acrílico a distintos ángulos incidentes (θ_i) y medir el θ_r del reflejado y el θ_{rf} del refractado.

- Graficar θ_r vs θ_i
- Graficar θ_{rf} vs θ_i
- Graficar $\text{sen } \theta_{rf}$ vs $\text{sen } \theta_i$

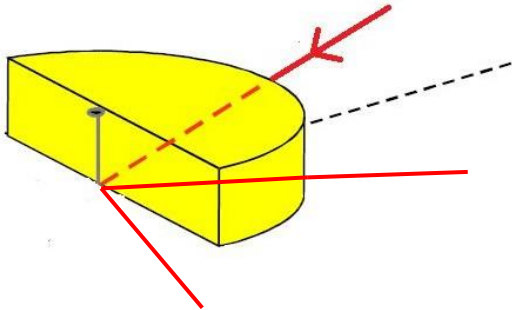
¿Cuál de ambas expresiones cumple un modelo lineal? ¿Qué obtienen de la pendiente? Sabiendo que el índice de refracción del aire vale 1, obtengan el índice de refracción del acrílico.

Discutan cómo harían para observar la reflexión total interna.

(Poner los ángulos en radianes, es importante para cuando propaguen el error de la función sen)

Actividad B: Reflexión total interna

Incidir con el láser desde el acrílico hacia el aire:



La superficie de estudio sigue siendo la cara paralela.

Discutan si es posible tener reflexión interna total, de ser así obtengan experimental el ángulo crítico en que sucede y compárenlo con el teórico, usando el valor del índice de refracción del acrílico medido en la actividad A.



Actividad A

- Graficar θ_r vs $\theta_i \rightarrow$ pendiente ??
- Graficar θ_{rf} vs θ_i y $\text{sen } \theta_{rf}$ vs $\text{sen } \theta_i \rightarrow n_{\text{acriloco}}$

- Hallar el ángulo crítico y verificarlo Con la Ley de Snell



Actividad B

Óptica geométrica

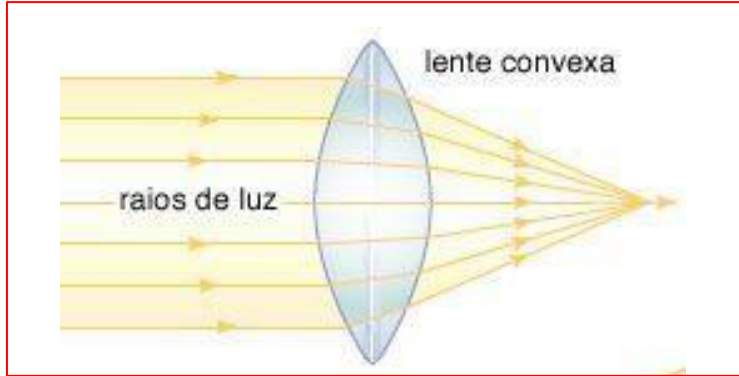
Objetivos:

2) Caracterizar una lente convergente, comprender los conceptos de imagen real, virtual, objeto real y foco.

Lentes delgadas

Lentes: Dispositivos ópticos transparentes que desvían (refractan) la luz.

Delgadas: Su grosor es muy pequeño en comparación con las distancias objeto-imagen y el radio de curvatura."

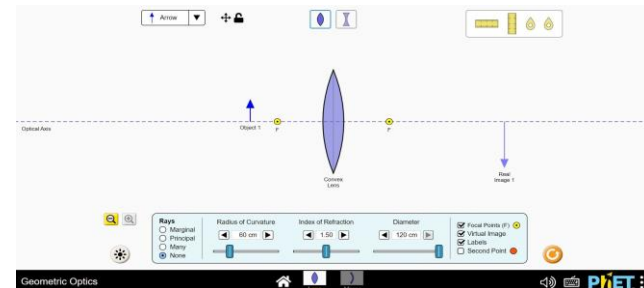
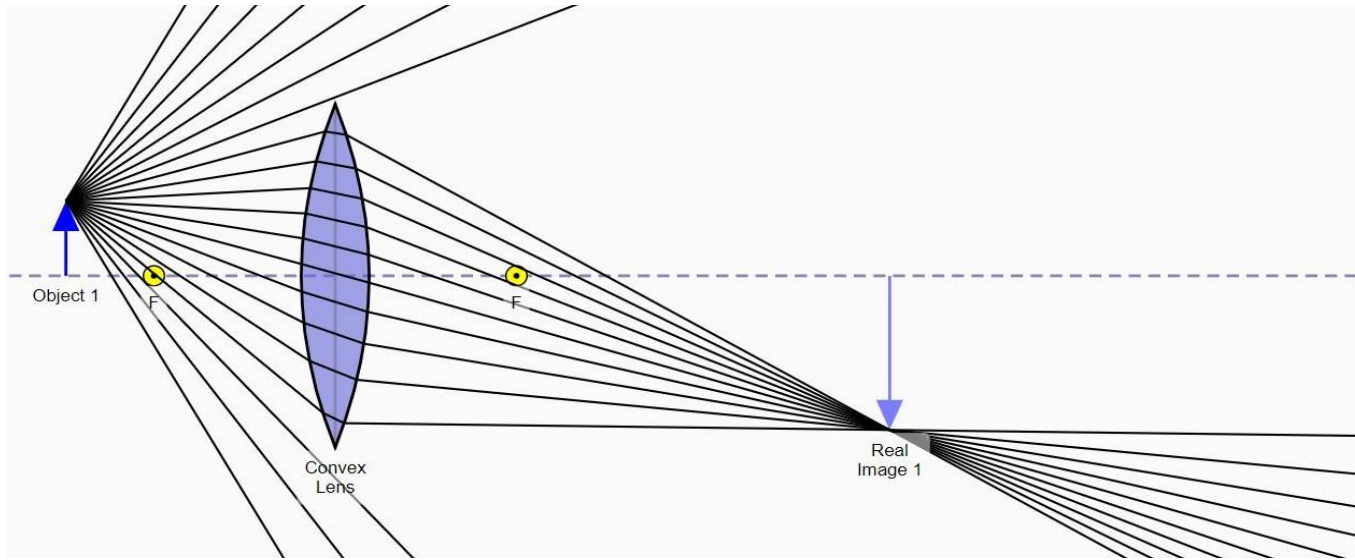


Lentes convergente



Lentes divergente

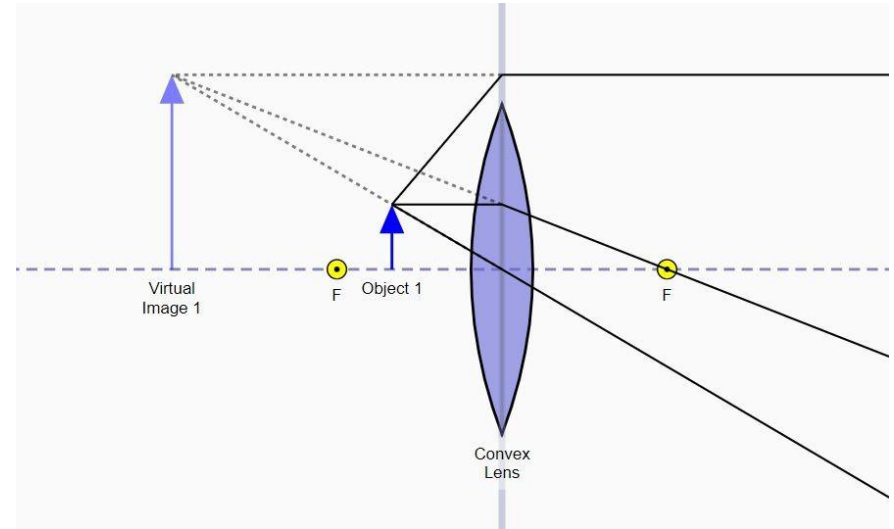
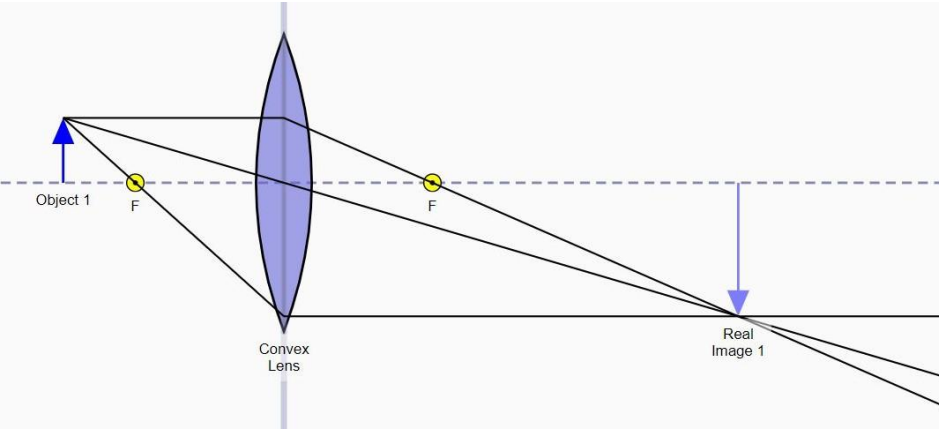
Lentes Convergentes - Imágenes y Foco



simulador de Lentes

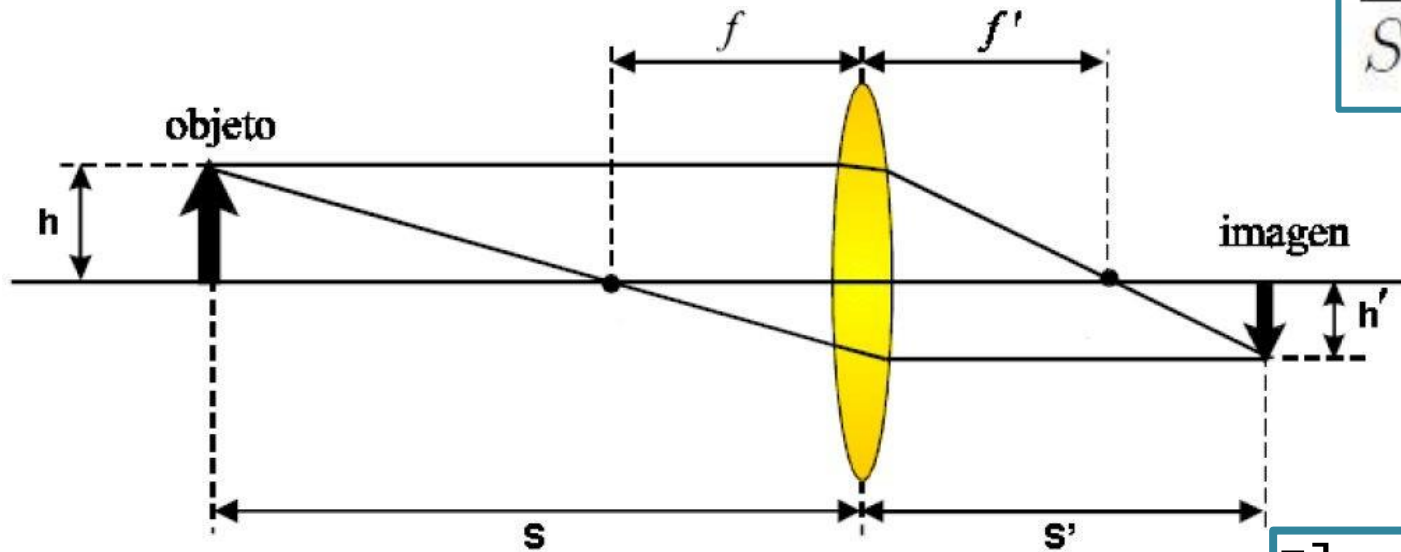
https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_en.html

Lentes Convergentes - Imágenes y Foco



Las **imágenes reales** son aquellas que se forman por intersección de rayos luminosos que emergen del sistema óptico, mientras que las **imágenes virtuales** son aquellas que se forman por intersección de las prolongaciones hacia atrás de los rayos emergentes.

Ecuación de Gauss



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

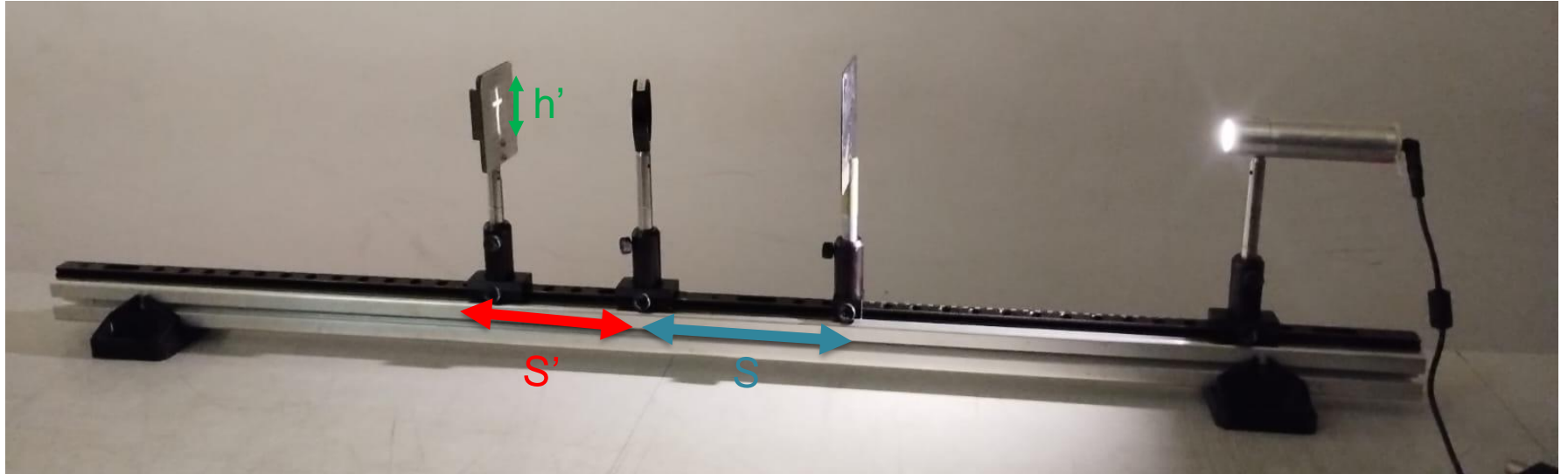
El aumento es:

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s}$$

Dispositivo experimental C



Dispositivo experimental C

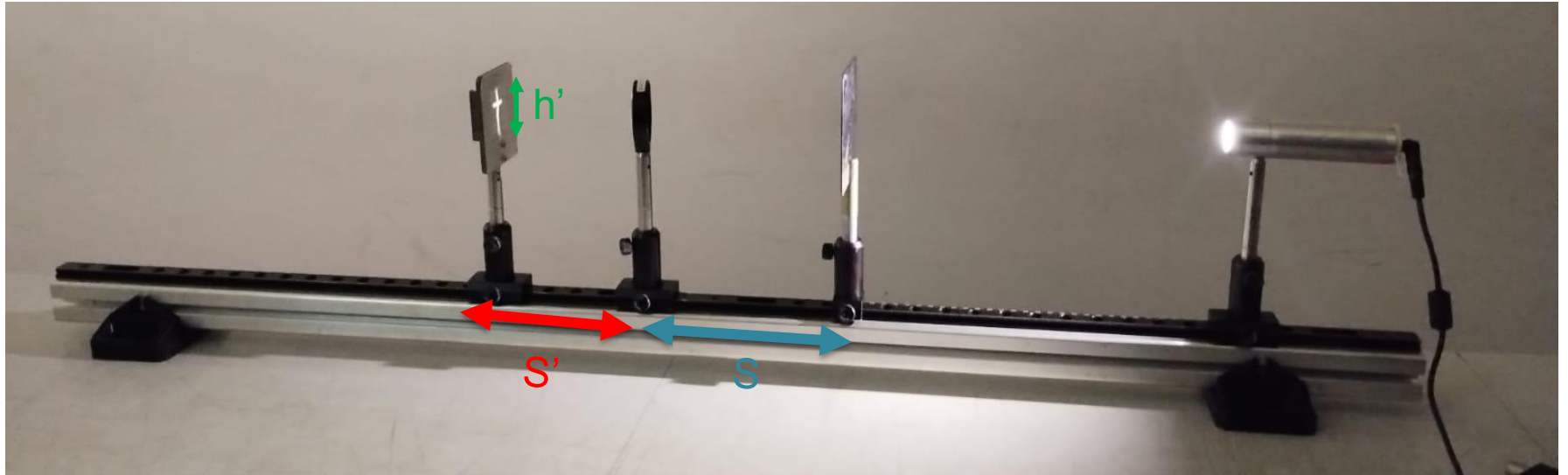


Actividad C: Lente convergente

1. Medir la distancia focal (f) con rayos que provengan del infinito (por ejemplo un foco de luz del techo).
2. Montar un dispositivo experimental para estudiar la ecuación de Gauss y el aumento de un objeto. Medir el tamaño h del objeto (la Altura).
3. Medir s' , h' para distintos s . Asegurarse de tomar los valores en las regiones de $s > 2f$, $s = 2f$, $f < s < 2f$. Anotar también si la imagen está derecha o invertida.

Nota 1: cuando midan la focal del lente asegúrense de usar uno de las de 6 cm

Dispositivo experimental C



Actividad C: Lente convergente

4. Graficar s' vs s . Discutir las regiones donde la imagen es real o virtual, si está derecha o invertida.

5. Graficar $1/s'$ vs $1/s$. ¿Cómo puedo determinar la distancia focal (f)?

6. Graficar $M = h'/h$ en función de s . Analizar las regiones donde la imagen es de mayor o menor tamaño que el objeto.

NORMAS DE SEGURIDAD CUANDO SE UTILIZAN LASERES

Los láseres están clasificados en 6 categorías de seguridad según su peligrosidad entre la clase I y clase IV. La clase I es considerada no peligrosa. La clase IV produce daños en los ojos y piel aún en exposiciones de luz dispersada.

- Verifique la etiqueta de clasificación que tiene el láser que utiliza
- Use siempre antiparras de seguridad
- Evite usar objetos metálicos (relojes, anillos) que puedan producir una reflexión directa del haz
- Evite exponer la piel al haz láser
- No mire directamente al haz AUN CUANDO UTILICE ANTIPARRAS DE PROTECCION
- Extreme las precauciones con radiación no visible.
- Los láseres en la zona del infrarrojo cercano son particularmente peligrosos pues no son visibles y producen daño permanente en la retina se introducen accidentalmente en el ojo.
- Como con cualquier fuente de luz muy brillante y potencialmente peligrosa, el sentido común es fundamental



Simuladores

Ley de Snell:

https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_en.html

Lentes convergentes o divergentes:

https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_en.html

Sistemas ópticos:

<https://phydemo.app/ray-optics/simulator/>