

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica Verano 2023

Clase 4: Reflexión, refracción y lentes convergentes

Luciana P. Martínez

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.

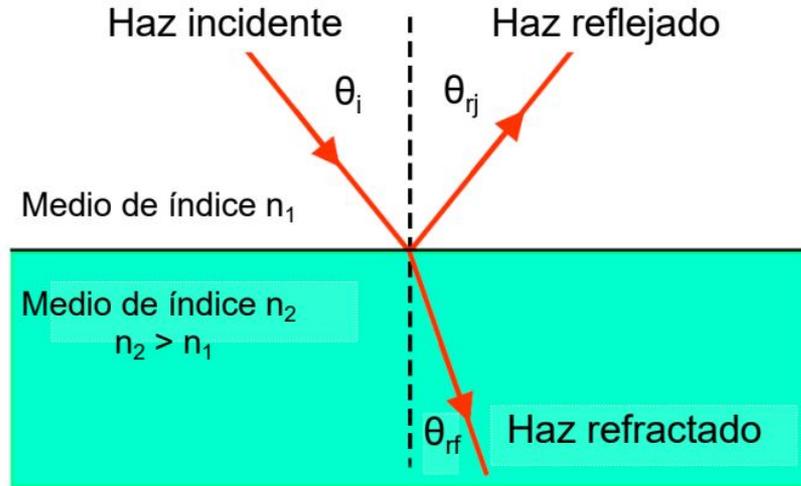
Óptica geométrica

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

Ley de Snell

The screenshot shows the PhET 'Bending Light' simulator. A red ray of light originates from a grey cylindrical light source on the left, passes through a vertical dashed line representing the normal, and refracts towards the normal as it enters a purple shaded region representing glass. The interface includes a top-left menu with 'Ray' selected and 'Wave' unselected. A central control panel has two sections: the top section is for 'Air' with an index of refraction of 1.00, and the bottom section is for 'Glass' with an index of refraction of 1.50. A yellow protractor is visible on the left, and a 'Normal' checkbox is checked at the bottom left. The PhET logo and navigation icons are at the bottom.

$$n_2 > n_1$$

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

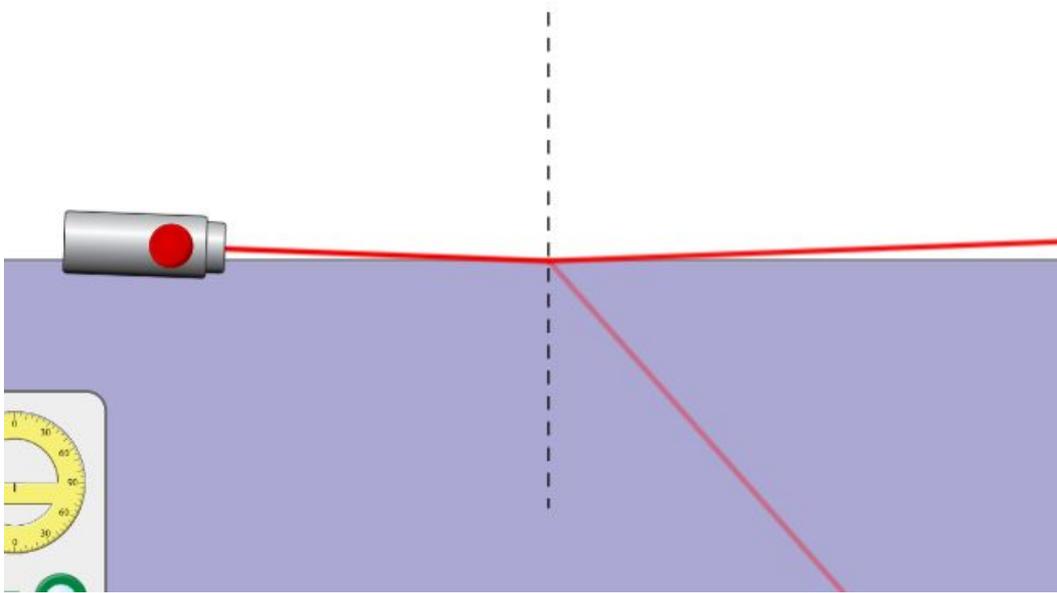
$$\sin \theta_i > \sin \theta_{rf}$$

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



$$n_2 > n_1$$

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

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

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

Cuando θ_i tiende a $\pi/2$,
 $\sin \theta_{rf}$ tiende a n_1/n_2

Ley de Snell

Ray

Wave

Material Custom

Index of Refraction (n) 1.50

Air Water Glass

Material Custom

Index of Refraction (n) 1.00

Air Water Glass

Normal

Bending Light

Intro Prisms More Tools

PHET

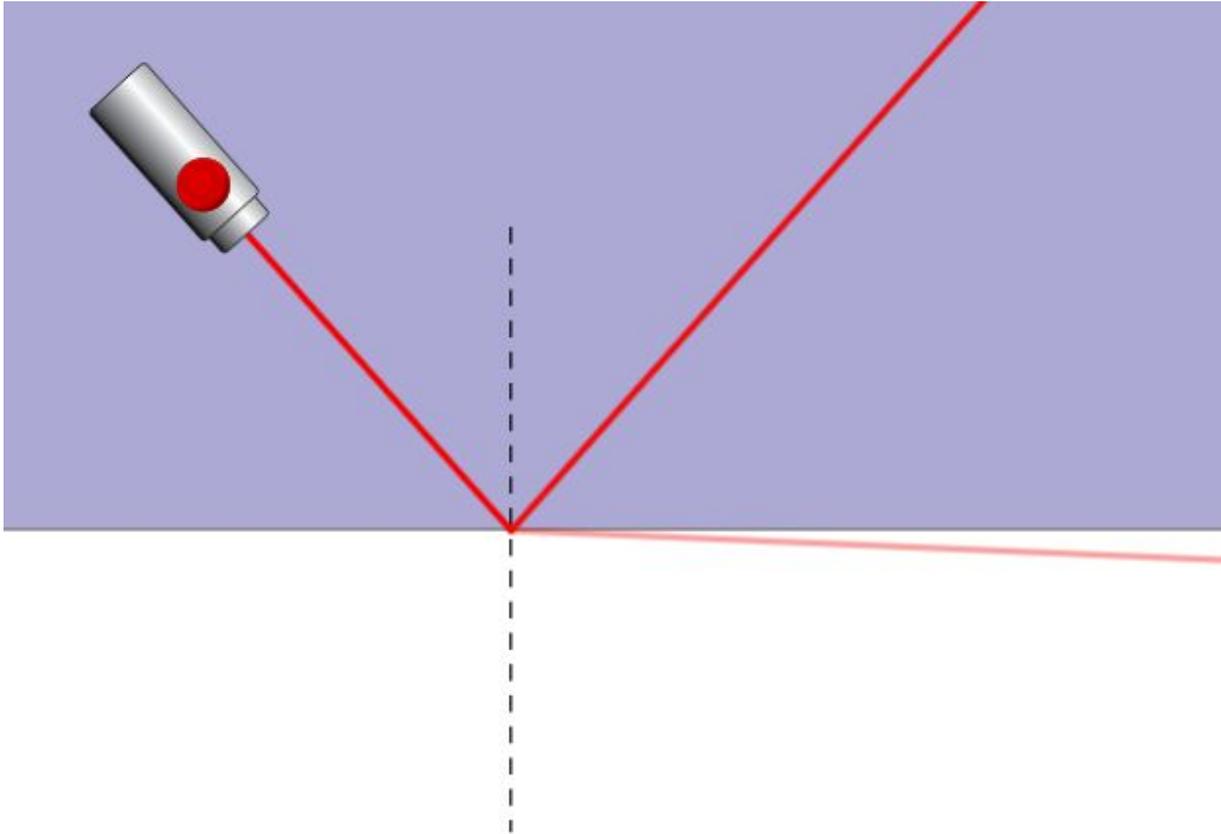
$$n_2 < n_1$$

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

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

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

Ángulo de reflexión interna total



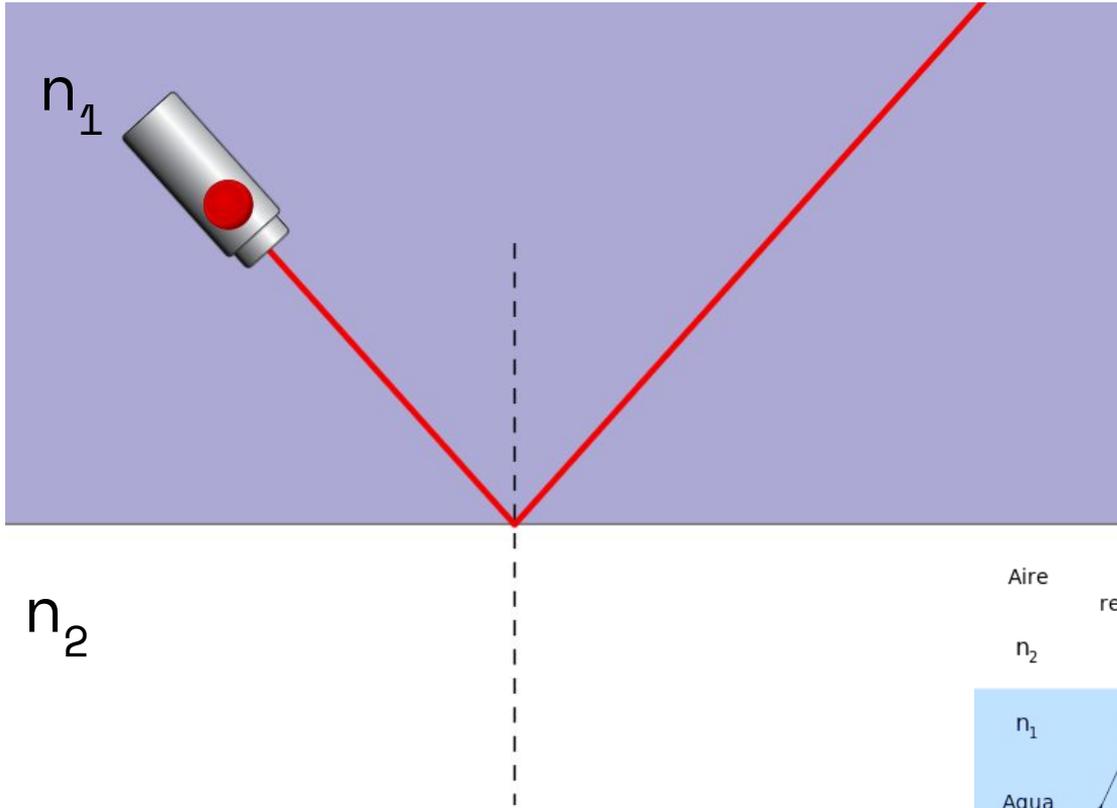
$$n_2 < n_1$$

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

Cuando θ_{rf} tiende a $\pi/2$,

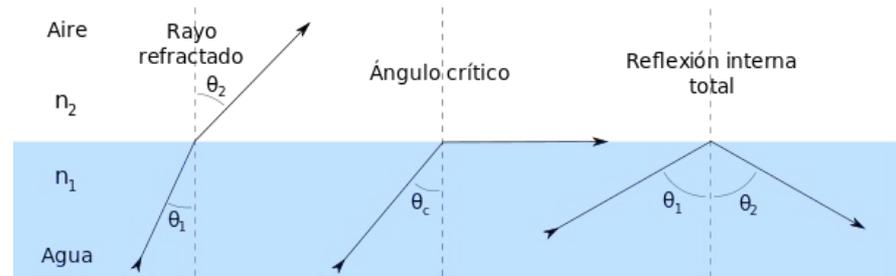
$\sin \theta_i$ tiende a n_2/n_1

Ángulo de reflexión interna total

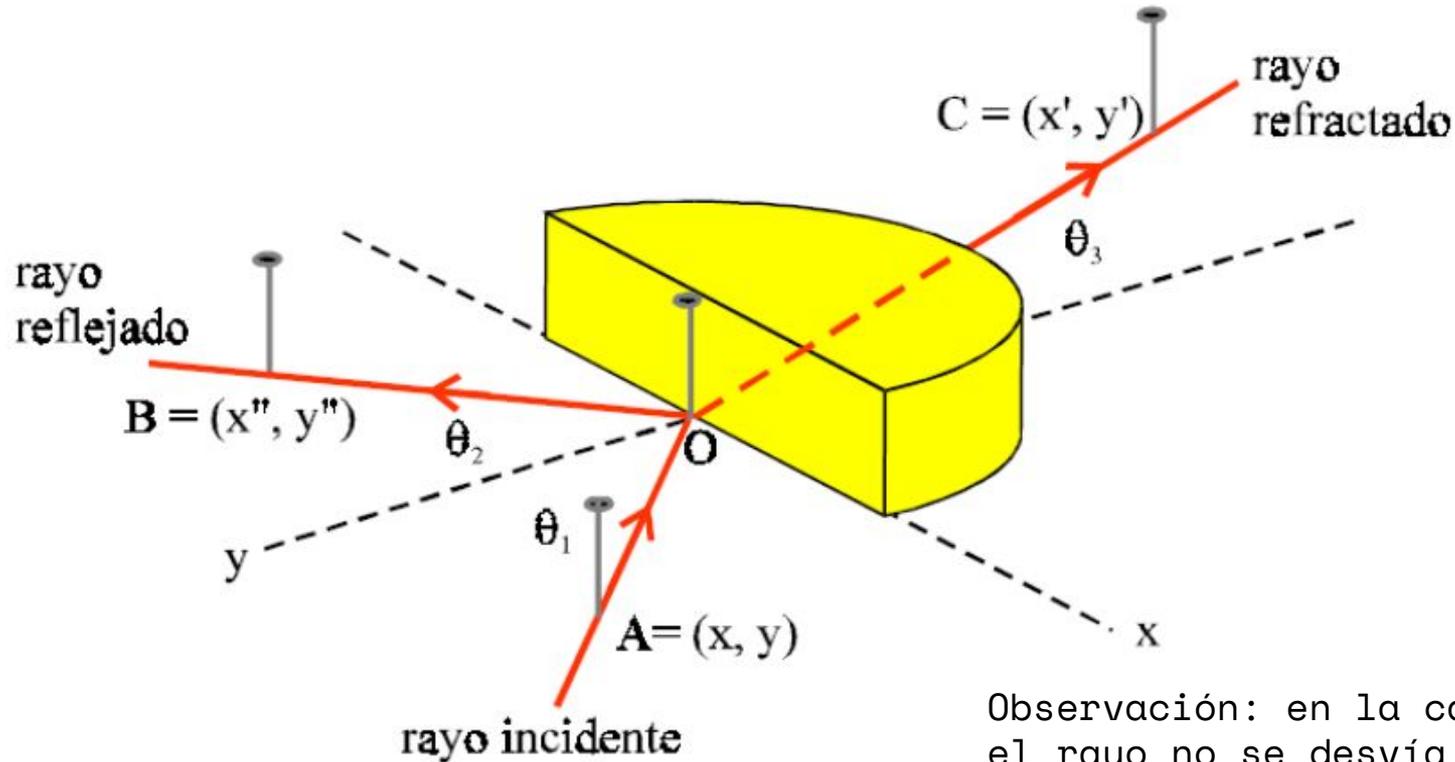


$$n_2 < n_1$$

Existe un ángulo crítico θ_c de incidencia a partir del cual ya no hay refracción y la reflexión es total.

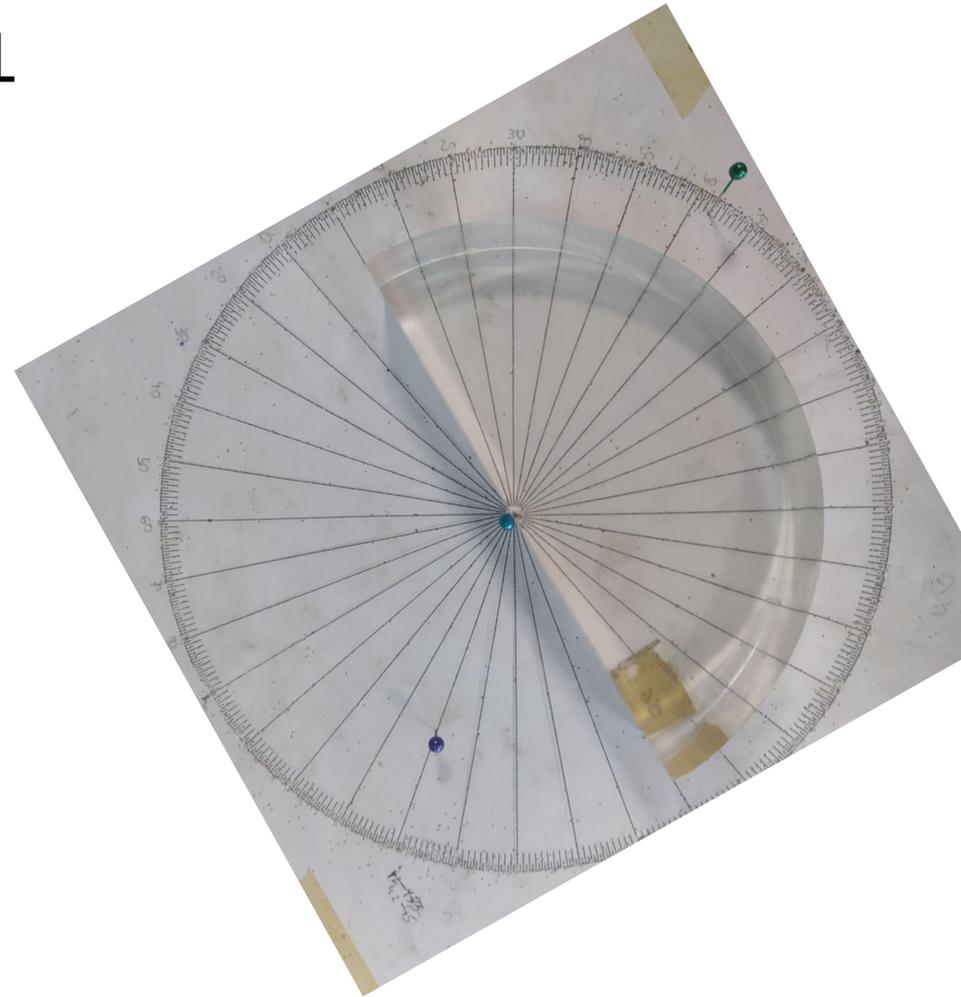
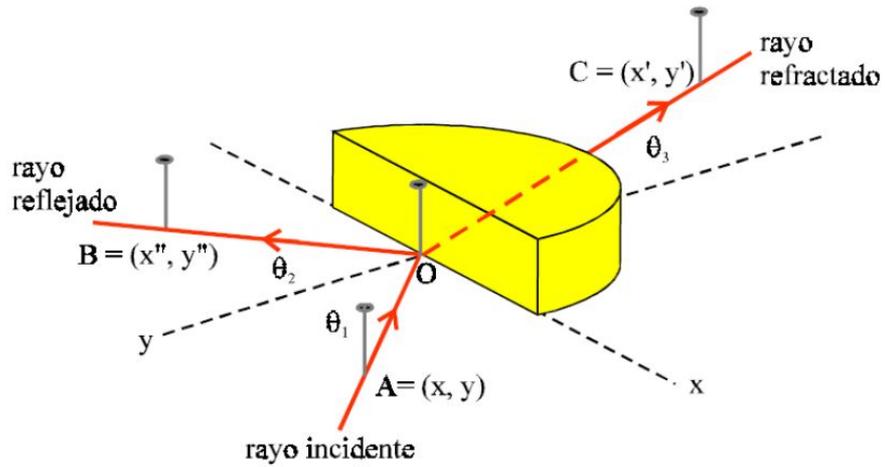


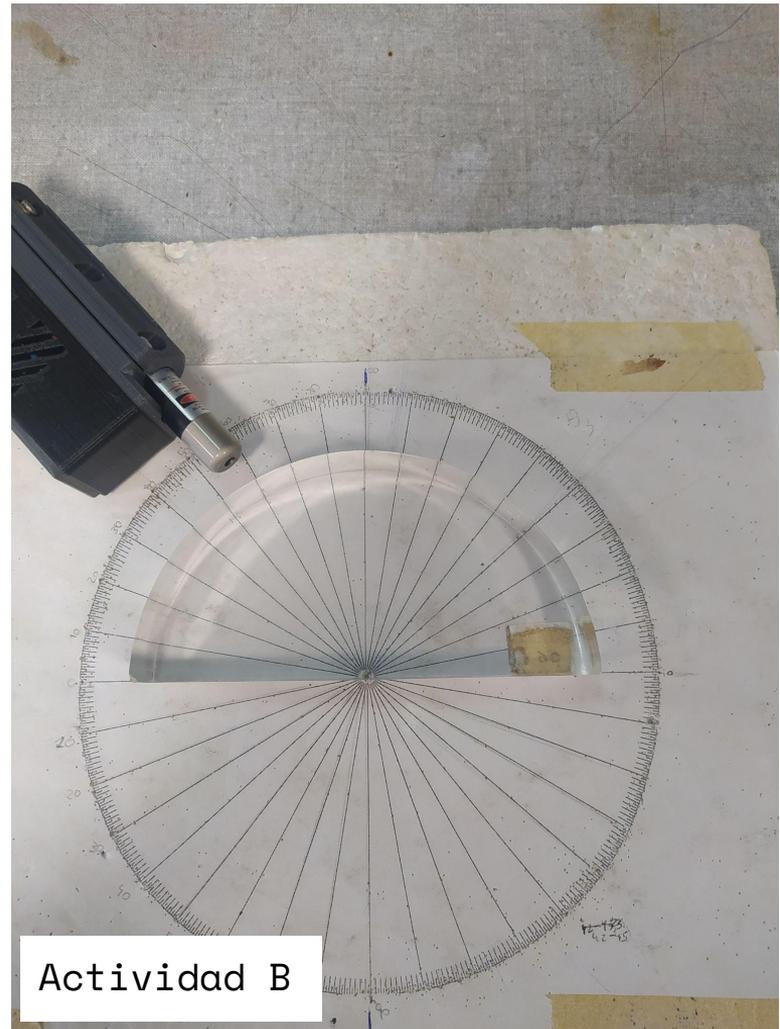
Diseño experimental 1



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

Diseño experimental 1





Actividad A

Incidir con un láser hacia la placa 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 $\text{sen } \theta_i$

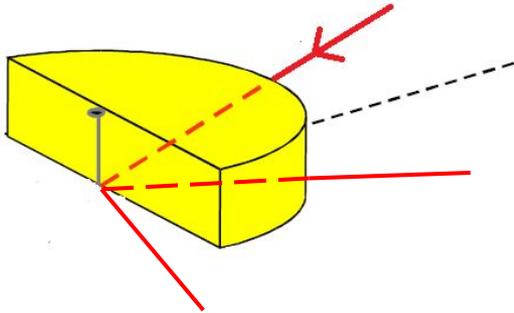
¿Cuál de ambas expresiones cumple un modelo lineal? ¿Qué obtienen de la pendiente? Sabiendo que el índice de refracción del aire vale 1, obtengan el índice de refracción del acrílico.

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

Esta vez incidir con el láser desde el acrílico hacia el aire:



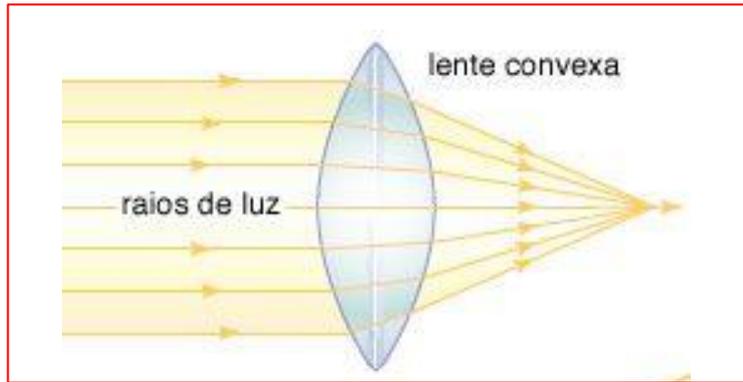
La superficie de estudio sigue siendo la cara paralela.

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

Óptica geométrica

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

Lentes delgadas



Lentes convergente



Lentes divergente

Simulador de Lentes

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

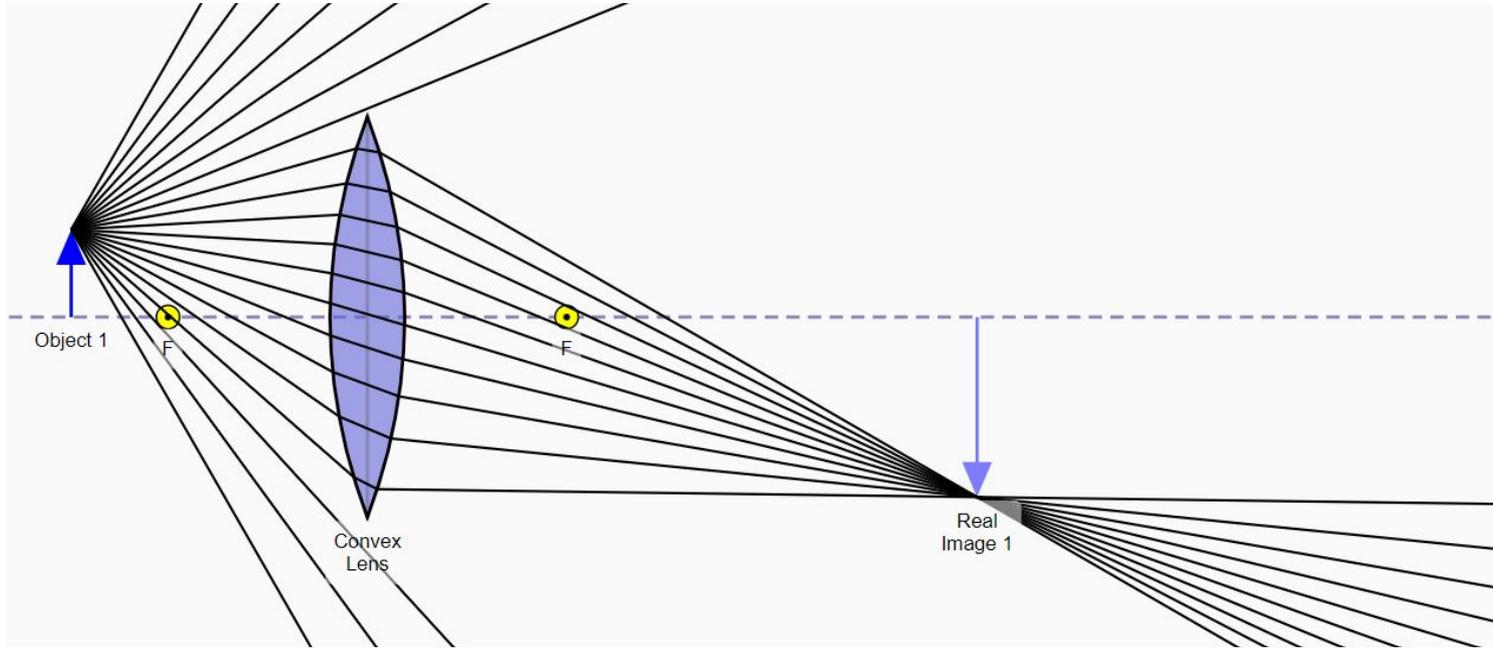
The image shows the PhET Geometric Optics simulator interface. At the top, there are control buttons: an 'Arrow' button with a dropdown arrow, a pan/lock icon, and two lens icons (convex and concave). To the right is a toolbar with a ruler, a vertical scale, and two water droplets. The main simulation area features a horizontal dashed line labeled 'Optical Axis'. A blue arrow labeled 'Object 1' points upwards from the axis to the left of a yellow dot labeled 'F'. A purple convex lens is centered on the axis. To the right of the lens is another yellow dot labeled 'F'. A blue arrow labeled 'Real Image 1' points downwards from the axis to the right of the second focal point. Below the simulation area is a control panel with the following sections:

- Rays:** Radio buttons for 'Marginal', 'Principal', 'Many', and 'None' (selected).
- Radius of Curvature:** A slider set to 60 cm.
- Index of Refraction:** A slider set to 1.50.
- Diameter:** A slider set to 120 cm.
- Checkboxes:** 'Focal Points (F)' (checked), 'Virtual Image' (checked), 'Labels' (checked), and 'Second Point' (unchecked).

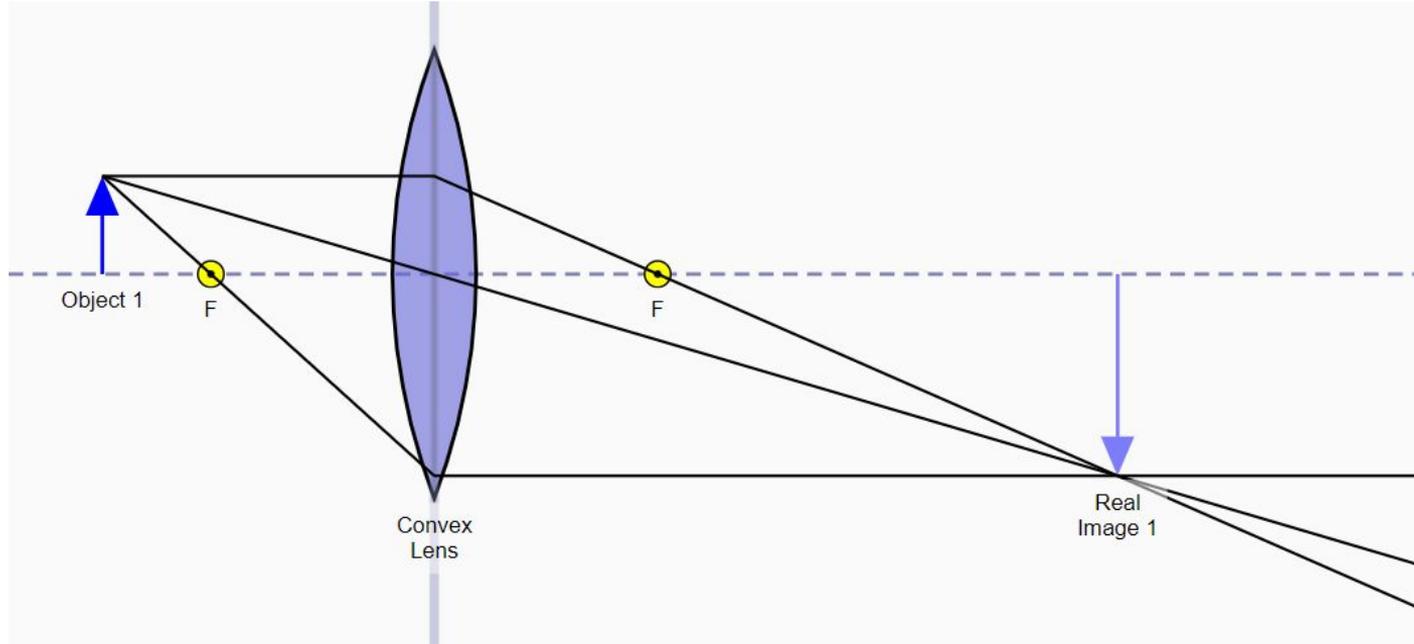
At the bottom of the interface, there is a navigation bar with a home icon, a 'Lens' icon (highlighted), a 'Mirror' icon, a volume icon, a keyboard icon, and the PhET logo.

Simulador de Lentes

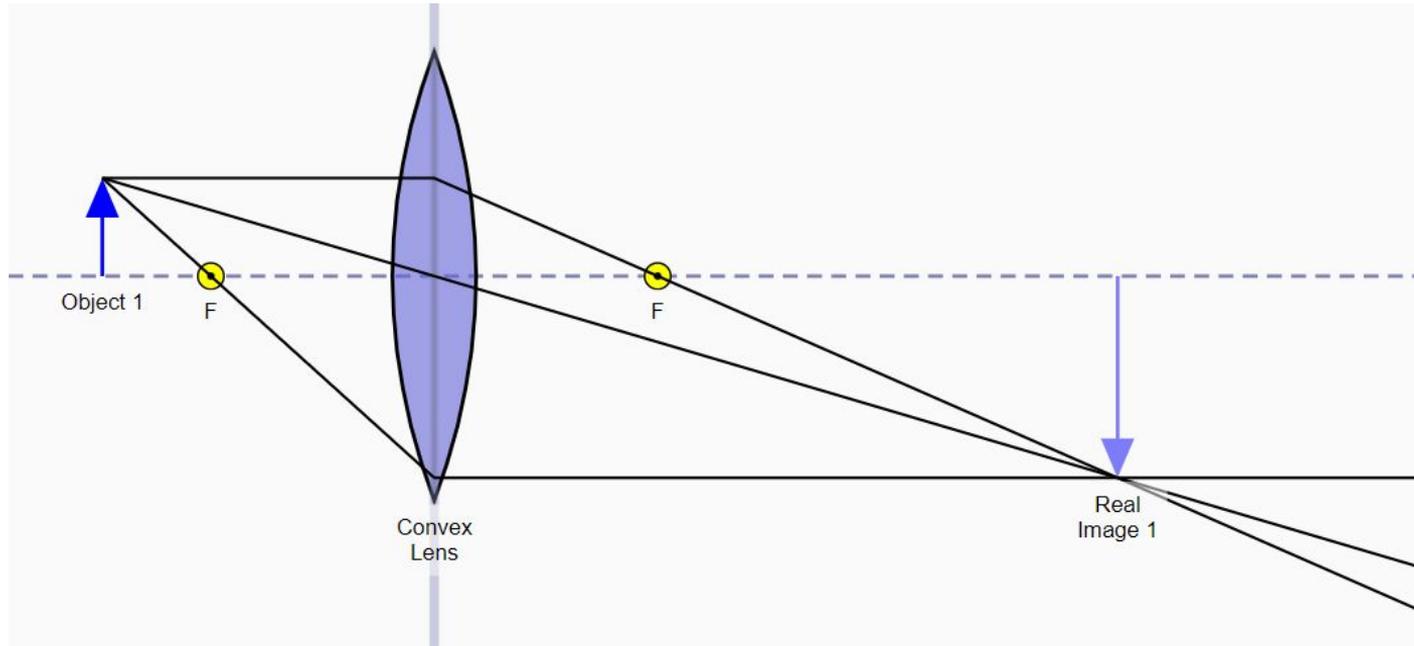
https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_en.html



Trazado de rayos principales

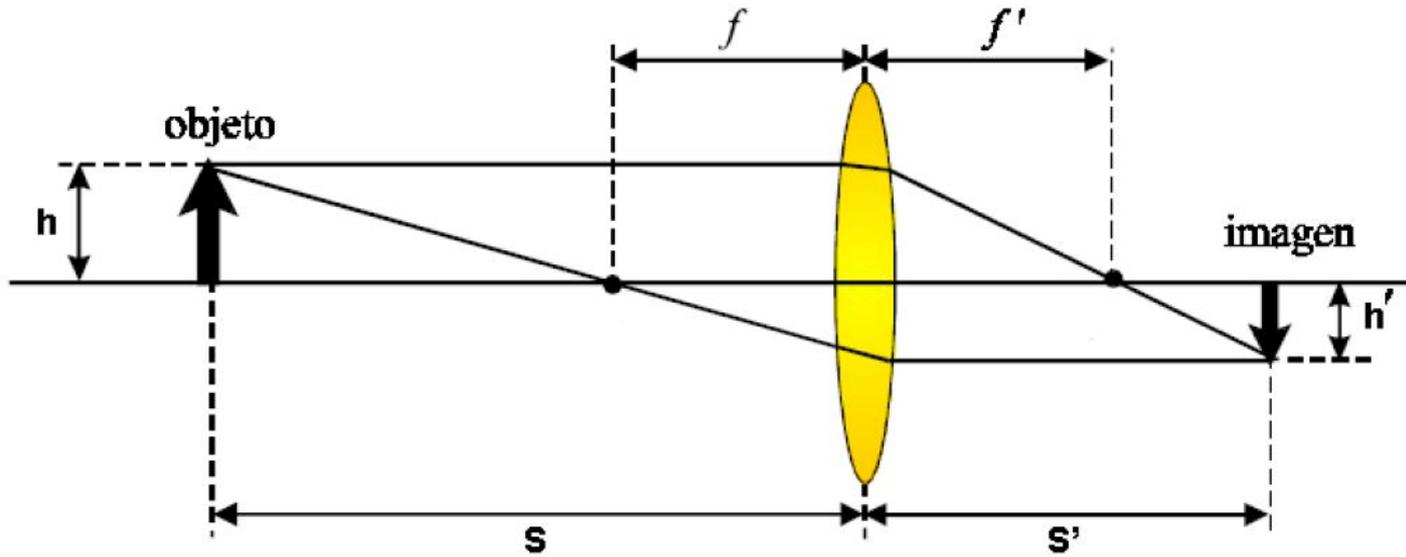


Trazado de rayos principales



Dada una distancia focal de la lente convexa, y un objeto de tamaño determinado: ¿A qué distancia de la lente se forma la imagen? ¿La imagen siempre es de mayor tamaño que el objeto? ¿Siempre se invierte?

Ecuación de Gauss



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

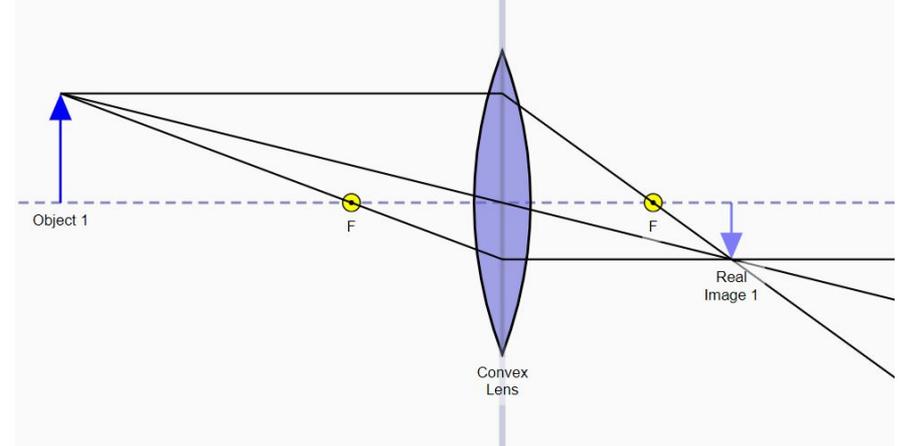
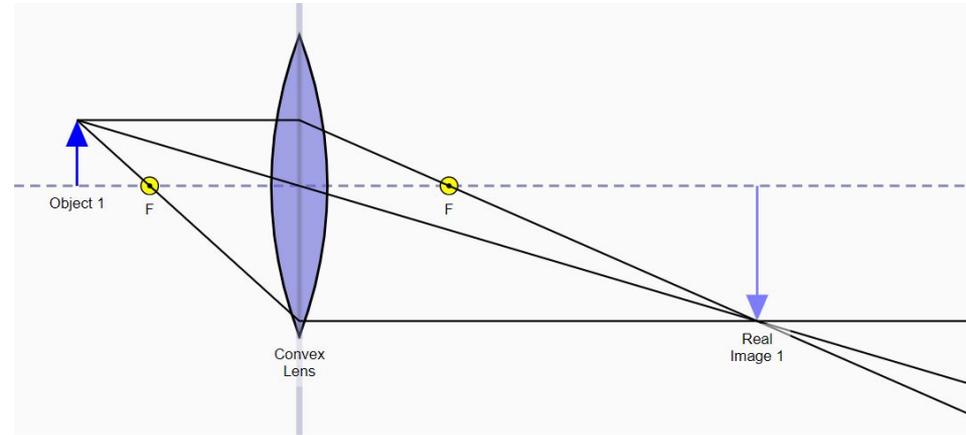
El aumento es:

$$M = h'/h = s'/s$$

Imagen mayor o menor

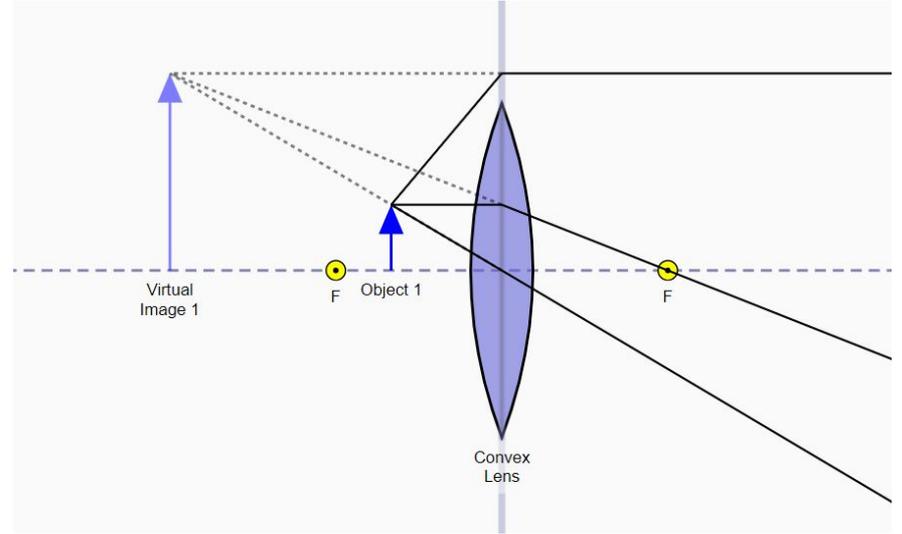
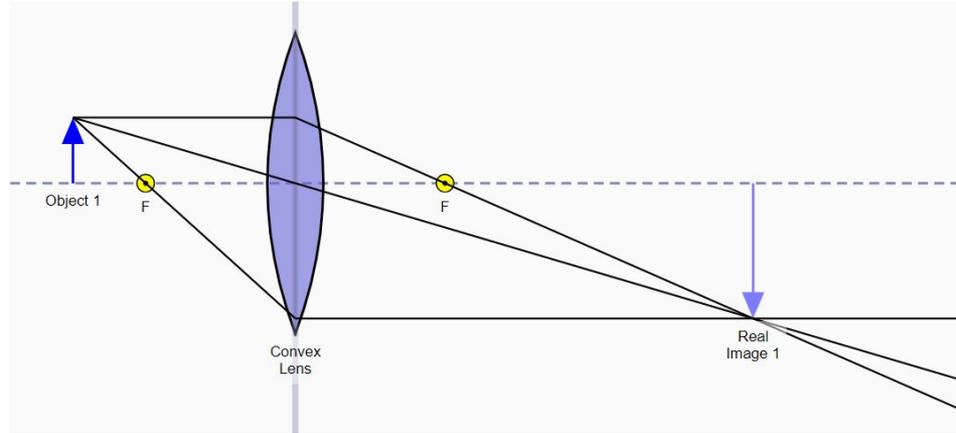
El aumento es:

$$M = h' / h = S' / S$$



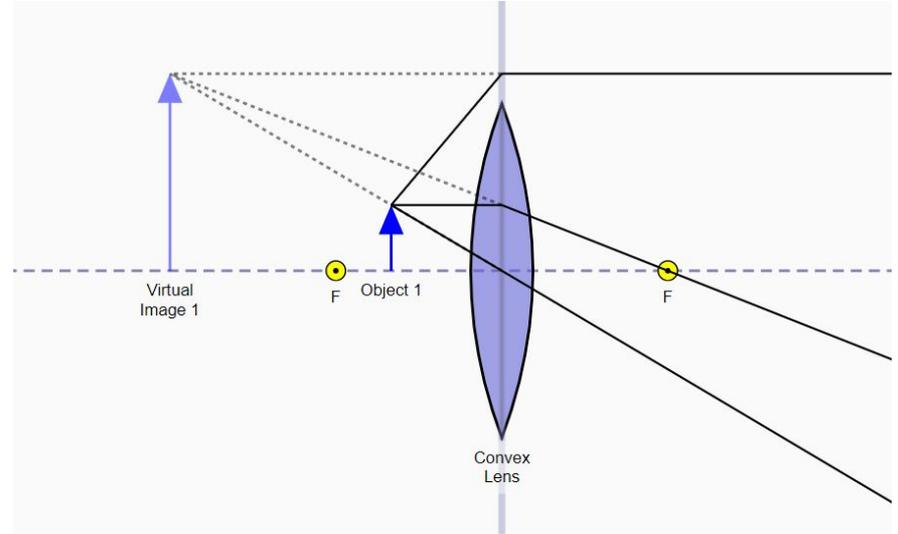
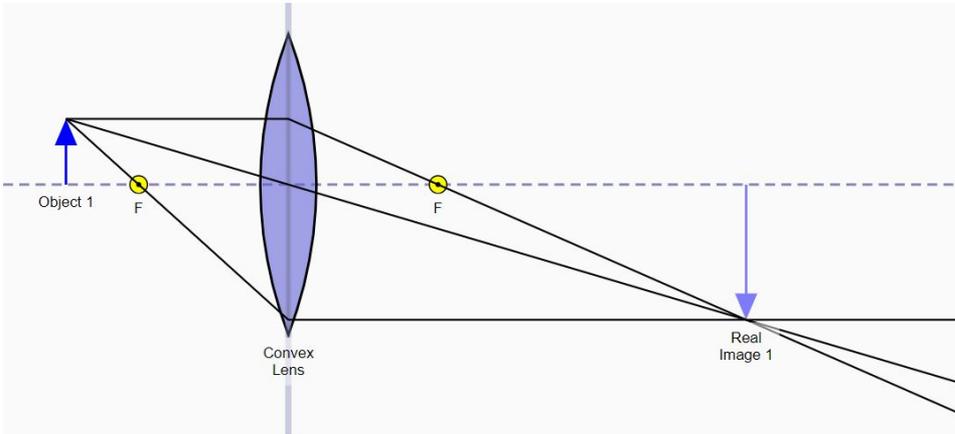
La imagen puede ser de mayor o menor tamaño respecto al objeto, dependiendo de qué tan cerca está el objeto a la lente.

Imagen real o virtual



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.

Imagen invertida o derecha



La imagen puede estar invertida o derecha respecto al objeto.

Dispositivo experimental 2



Actividad C

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 $S > 2f$, $S = 2f$, $f < S < 2f$, $S < f$. Anotar también si la imagen está derecha o invertida.
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.

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/>

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