



SET ÓPTICO

KIT INDAGA LUZ REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN

CAJA DE LUZ Y ACCESORIOS

Capítulo 1: Reflexión

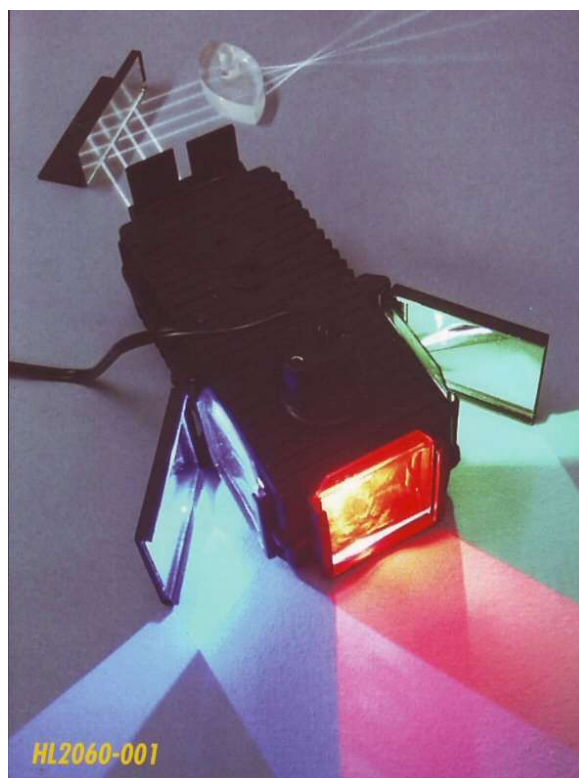
Capítulo 2: Refracción

Capítulo 3: Estudio del Color

Capítulo 4: Banco Óptico



www.indaga.cl



CAJA DE LUZ “HODSON” Y SET DE ÓPTICA

COMPONENTES DEL KIT:

- Caja de luz con lente colimador
- 3 Placas con rendijas
- 8 Filtros de Colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta, cyan, magenta)
- 8 Placas de Colores (rojo, naranja, amarillo, verde, azul, violeta, cyan, magenta)
- Ampolleta de repuesto: 2 pin, Axial, 12V.30W
- Envase del Producto (3 partes)
- Libro de Experimentos
- Bloque de acrílico rectangular
- Bloque de acrílico semicircular
- Prisma de acrílico 45° 45° 90°
- Prisma de acrílico 60° 30° 90°
- Prisma de acrílico 60° 60° 60°
- Lente biconcava – 7,5cm Distancia Focal
- Lente Biconvexa – 7,5cm Distancia Focal
- Lente Biconvexa – 3,75cm Distancia Focal
- Espejo plano con soporte
- Espejo doble semicircular
- Espejo doble parabólico

NOTA IMPORTANTE

La Caja de Luz Hodson es virtualmente irrompible y resiste el calor durante una operación prolongada. Sin embargo, se debe tener la precaución de que los filtros de colores no queden puestos por períodos prolongados de tiempo porque el calor radiante de la lámpara los puede dañar.

Para asegurar una ventilación correcta cuando se utilizan los tres filtros de colores al mismo tiempo, el otro extremo de la caja debe quedar descubierta y la base de la caja de luz debe permitir el paso de aire.

Utilizar con fuente de poder o transformador de 12V AC/DC de 2 a 3 A.

PRECAUCIÓN: CUANDO LA UNIDAD ESTÁ ENCENDIDA LA AMPOLLETA ESTÁ MUY CALIENTE. NO LA TOQUE.

REEMPLAZO DE LA AMPOLLETA

Filamento Axial, halógena, tipo ‘G6’, 2 pin, 12V. 30W.

Cuando reemplaces la ampolleta, no saques el soquete de la lámpara. Deja que la ampolleta se enfríe, toma la ampolleta y retírala del pequeño soquete. Sujeta la ampolleta nueva con la cobertura plástica de manera tal que tus dedos no toquen el vidrio, alinea los 2 pines con los orificios del soquete y presiona firmemente.

PARA CONVERTIR EL VIEJO SISTEMA DE LÁMPARA AL NUEVO SISTEMA DE LÁMPARA:

Gira el soquete del modelo antiguo de lámpara y retira la ampolleta. Fija el nuevo modelo de ampolleta de 2 pines en el nuevo soquete y colócalo en el agujero de la caja de luz. Gíralo hasta que las asas calcen y trabe el soquete. Da vuelta la caja sosteniendo el soquete en su lugar y, dentro de la caja y a través de la apertura, desliza el “sujeta soquete” por las ranuras del soquete. El “sujeta soquete” quedará presionado contra la Caja de Luz. Cuando el “sujeta soquete” entra completamente en las ranuras del soquete, éste queda fijo en su lugar.

RETIRO DEL SOQUETE DE AMPOLLETA: El soquete de la ampolleta se puede sacar de la caja deslizando el “sujeta soquete” hacia atrás y extraerlo a través del extremo abierto de la caja.

UPGRADES: Hay disponibles kits de bajo costo para cambiar tu vieja caja de la luz por el nuevo modelo de soquete y ampolleta. Pregunta a tu proveedor.

INDICE

Introducción y Descripción General

La Caja de Luz y Set de Óptica	4
Preparándose para experimentar	4
Registrando el recorrido de los Rayos	5

Capítulo 1. Reflexión

1. Rayo Simple	6
2. Rayos divergentes	6
3. Inversión Lateral y Vertical	7
4. Posición en un espejo plano	7
5. (a) Reflexiones múltiples	9
5. (b) Reflexiones múltiples	9
6. Rotación de un Espejo Plano	9
7. Imágenes en un Espejo Plano – Paralelismo	10
8. Reflexión en un Espejo Cóncavo	11
9. Centro de Curvatura	
- Radio de Curvatura	11
- Distancia Focal de un Espejo Circular	11
10. Aberración Circular	12
11. Espejo Convexo	12
12. Reflector Parabólico	13

Capítulo 2. Refracción

13. Bloque semicircular	15
14. Bloque de Lados Paralelos	17
15. Reflexión total interna (usando el bloque semicircular)	18
16. Reflexión total interna (usando prismas triangulares)	19
17. Doble refracción	
Ángulo de desviación mínima	20

Capítulo 2. Refracción (continuación)

18. Refracción Doble (usando rayos paralelos)	20
19. Refracción Doble (usando dispersión de color)	21
20. Absorción de colores por Filtros	21
21. Experimento de Newton con espectro	22
22. Refracción Doble (usando lentes biconvexas)	22
23. Radio de Curvatura	23
24. Línea o Plano Focal de lentes biconvexas	24
25. Aberración Cromática por Lentes Biconvexas	25
26. Lentes biconvexas	26

Capítulo 3. Observación del Color

27. Colores de los Objetos	26
28. Suma de Colores	27
29. Sombras coloreadas	28
30. Sombras	28

Capítulo 4. Banco Óptico

Introducción	29
31. Lentes Biconvexas	29
32. Trazado de los rayos con lentes Biconvexas	30
33. Trazado de los rayos con espejo Parabólico	31
34. Espejo parabólico esférico convexo	32
35. Aumento	
Espejo esférico parabólico	32
36. Aumento un factor de	
Espejo esférico parabólico	33

Caja de Luz y Set de Óptica

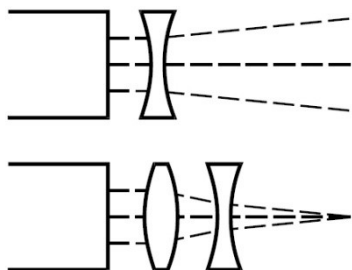
Requisitos de energía: 12V.AC/DC. en 2 a 3 amperios.

El sistema óptico consiste en una fuente de rayos de luz y un set de dispositivos que reflejan, refractan y mezclan los colores de la luz para poder obtener fácilmente medidas y observaciones.

La fuente de luz está en una caja de luz especialmente diseñada que incorpora con un lente de enfoque ajustable (colimador). El extremo opuesto de la caja tiene dos espejos con bisagras que se utilizan para reflejar la luz emergente de las aberturas laterales. Ubicando varios filtros de color, los dos haces de luz laterales se pueden dirigir hacia delante o hacia atrás para traslaparse y mezclarse con el haz central. El efecto se puede visualizar en una pantalla colocada a unos 200 milímetros de la caja de luz.

El rayo de luz colimado que emerge del frente de la caja se puede convertir en un haz delgado (para la formación de espectros) o alternativamente convertirse en uno, dos, tres o cuatro rayos delgados, colocando la placa de rendijas apropiada en las ranuras que proporciona de la caja para este fin. Estos rayos o haces pueden colorearse poniendo un filtro de color en las ranuras más anchas ubicadas también en el frente de la caja.

El haz se puede hacer levemente convergente o divergente deslizando la lente que enfoca con el botón de ajuste. Se puede observar este cambio claramente al usar una rendija múltiple. Si se requiere una convergencia o divergencia mayor, para un uso particular del experimento, utiliza lentes como se muestra en la siguiente figura.



Preparándose para Experimentar

Coloca la caja de luz en una mesa con el soquete hacia arriba. Los tres puntos de contacto de la base aseguran su estabilidad durante la operación. Conecta el cable de la ampollita con una fuente de 12V 3A. La ampollita (véase los repuestos) funcionará en voltajes más altos (hasta 14 voltios) pero no se recomienda porque la vida útil de la ampollita será menor.

Inserta una de las rendijas múltiples en la ranura delantera. Desliza la lente que enfoca para obtener un set de rayos paralelos.

Coloca las lentes, los prismas y los espejos en una hoja de papel en las posiciones que indican los experimentos. Sujétalos siempre por sus manillas para proteger sus caras ópticas de manchas y ralladuras. La base de cada lente y prisma tiene un acabado especial y permite visualizar la trayectoria de los rayos de luz. Por supuesto se obtienen mejores resultados visuales en semi u oscuridad completa.

Si los dispositivos se ubican muy cerca de la caja de luz, algunos rayos brillantes, reflejados internamente, pueden visualizarse dentro de los bloques entorpeciendo el experimento. Esto se debe a que los rayos ingresan por la cara superior del bloque y se refleja en las caras verticales. Además, los rayos que pasan sobre los bloques pueden visualizarse a cierta distancia del bloque. Lo anterior se puede eliminar mediante:

- *Alejar los prismas y bloques de la caja de luz;*
- *levantar la hoja de papel de la mesa colocándola sobre un libro delgado, o*
- *anular los extremos superiores de las ranuras para acortar la altura del rayo.*

REGISTRANDO LAS TRAYECTORIAS DE LOS RAYOS

Para registrar las trayectorias de los rayos, marca con un lápiz alrededor del perímetro la posición de la lente, del prisma o del espejo que estás usando. Luego marca el rayo que observas en dos posiciones, un punto cerca de la superficie de la lente y otro tan lejos como sea posible. Si el patrón del rayo se complica con los rayos que cruzan uno con otro, enumera los puntos que representan cada rayo para poderlos seguir fácilmente.

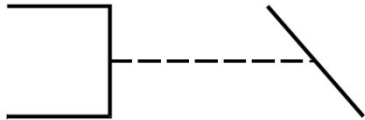
Quita la lente o el prisma y cuidadosamente dibuja las líneas a través de los puntos numerados para mostrar las trayectorias de los rayos hacia y desde el dispositivo y también de la trayectoria del rayo a través del dispositivo. Dibuja flechas en las líneas para indicar su dirección de propagación.

Si tienes dudas respecto a la trayectoria de cualquier rayo, coloca el dispositivo en exactamente la misma posición y traza nuevamente el rayo.

Experimento 1

Reflexión – Rayo Simple

Proyecta un solo rayo a lo largo del papel y marca sus dos extremos. Coloca el espejo plano a medio camino a lo largo de esta trayectoria, cruzándola en ángulo.



Marca la posición de:

- La cara delantera del espejo.
- La cara posterior de reflejo del espejo.
- El rayo reflejado (o rayos). Explica la trayectoria del rayo reflejado.

Dibuja una línea perpendicular al espejo en el punto donde los rayos incidentes y reflejados se encuentran con la cara del espejo. Esta perpendicular se llama el NORMAL al espejo en este punto.

Mide el ángulo entre el RAYO INCIDENTE y la NORMAL. Este ángulo se llama ÁNGULO DE INCIDENCIA.

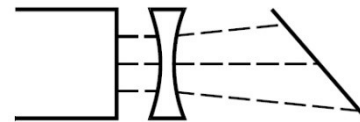
Mide el ángulo entre el RAYO REFLEJADO y el NORMAL. Este ángulo se llama ÁNGULO DE REFLEXIÓN.

Estos ángulos se miden con respecto a la NORMAL porque en experimentos más avanzados reflejarás rayos en espejos curvos. Puesto que no puedes medir el ángulo entre el rayo y la superficie curva del espejo, debes dibujar una normal a la superficie curva y medir los ángulos de incidencia y reflexión con respecto a esta línea.

Experimento 2

Reflexión – Rayo Divergente

Coloca una rendija triple en las rendijas delanteras de la caja de luz. Proyecta un set de rayos divergentes a lo largo de la hoja de papel y marca las trayectorias de los rayos. Coloca un espejo plano de modo que los rayos incidan en ángulos distintos a 90° . Marca la superficie de reflejo del espejo y las trayectorias de los rayos reflejados.



Dibuja las normales a la superficie del espejo en cada punto de reflexión.

Mide el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión en cada punto de la reflexión.

Tabula tus resultados de la siguiente forma:

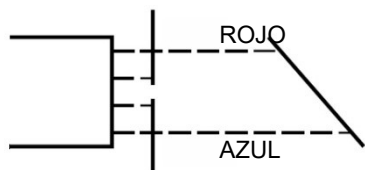
RAYO	ÁNGULO DE INCIDENCIA	ÁNGULO DE REFLEXIÓN
A		
B		
C		

- ¿Es el ángulo de la incidencia mayor, menor o igual al ángulo de reflexión?
- Has descubierto una de las leyes de reflexión - ¿cuál es?
- Los rayos divergentes: ¿se mantuvieron divergentes después de la reflexión?
- Los rayos paralelos: ¿se mantienen paralelos después de la reflexión? Haz la prueba, observa y concluye.
- Los rayos convergentes: ¿se mantienen convergentes después de la reflexión? Haz la prueba, observa y concluye.

Experimento 3

Reflexión – Inversión Lateral y Vertical

Configura la caja de luz para que proyecte dos rayos paralelos. Coloca un filtro del color (azul) sobre el haz del lado izquierdo (visto de frente o mirando las rendijas de la caja) y colorea el haz derecho de color rojo. Refleja los haces en el espejo plano como lo hiciste previamente.



Mira el espejo y observa la reflexión de los rayos

- El haz izquierdo, ¿es rojo o azul?

Traza los rayos con lápiz de color para mostrar los haces rojo y azul.

- ¿Qué le sucede a una imagen cuando se refleja en un espejo plano?
- ¿Es tu imagen en un espejo igual a como te ven tus amigos?
- ¿Si tu cara se invierte de izquierda a derecha, en la reflexión, por qué no se invierte de arriba a abajo?

Si giras tu cabeza, de modo que quede horizontal, tu reflexión será invertida verticalmente. Haz la prueba y observa.

- ¿Qué significa "INVERSIÓN LATERAL EN LA REFLEXIÓN"?

Si sostienes una tarjeta etiquetada

L	▶	R
---	---	---

 y la reflejas en un espejo, ¿cuál de los siguientes ejemplos es su reflexión?

L ▶ R	R ▶ L	Я ◀ J	R ▶ J	J ◀ Я	R ▶ J
L ◀ R	R ◀ L	Я ▶ J	Я ◀ J	Я ▶ L	Я ◀ L

No hagas la prueba hasta que hayas predicho el resultado. Cuando los científicos creen saber las reglas de cómo se comportan las cosas, dicen que tienen una teoría y predicen qué debe suceder bajo ciertas circunstancias. Entonces experimentan para probar su predicción. Dependiendo del resultado de sus experimentos aceptan, rechazan o modifican su teoría.

- Tu experimento te sirvió para ¿aceptar, rechazar o modificar tu teoría?

Intenta otra predicción.

- ¿Cuál sería la reflexión de la siguiente palabra en mayúsculas si se coloca un espejo en la línea y se observa la reflexión en el espejo desde el extremo inferior de esta página?

DIÓXIDO DE CARBONO

Escribe la imagen predicha antes de que intentes realmente el experimento.

- ¿Era tu predicción correcta?
- ¿Es ésta INVERSIÓN LATERAL?
- Si te dijeran que sostengas la palabra DIÓXIDO DE CARBONO y observes su reflexión en un espejo, ¿cómo la sostendrías?
- ¿Es ésta la forma que se presentó en el espejo en el experimento anterior?
- Si la palabra se escribe en papel transparente y se muestra al espejo de las dos formas descritas, ¿cómo se vería si miras el espejo a través de la transparencia? Haz la prueba y observa.
- ¿Se debe esta última inversión al espejo, o a la forma en que la palabra se puso frente al espejo?
- ¿Por qué algunas letras muestran reversividad mientras que otras no?

Si ambas mitades de un objeto o de una imagen son imágenes espejo una de la otra con respecto a una línea central, se llaman imágenes SIMÉTRICAS.

- *¿Es tu cara simétrica?*

Coloca un espejo plano grande de modo que esté verticalmente frente a tu cara, hacia un lado del centro de tu nariz, luego mírate en otro espejo.

- *¿Te ves “normal” con una imagen de tu cara perfectamente simétrica?*
- *¿Qué mitad reflejada te gusta más?*

Mueve el espejo hacia un lado de tu nariz.

- *¿Mejora al tener dos narices?*

Mueve el espejo hacia el otro lado de tu nariz.

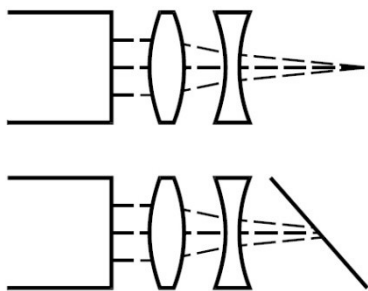
- *¿Te gusta tu cara sin nariz y dos ojos juntos?*

Experimento 4

Reflexión - Posición en un espejo plano

Al mirar un espejo, tu imagen reflejada parece estar en alguna parte detrás del espejo. Si te mueves hacia atrás medio metro, la reflexión también se aleja de ti. El experimento siguiente te ayudará a localizar la posición de la imagen.

Proyecta un set de rayos convergentes en tu hoja de papel y traza sus posiciones y punto focal. Utiliza la combinación de lentes mostrada y cambia la distancia relativa entre ellas para ajustar la distancia focal.



Coloca un espejo plano en ángulo cruzando los rayos y traza las trayectorias de los rayos reflejados.

Mientras miras en el espejo la reflexión de los rayos convergentes, levanta el espejo y observa los

verdaderos rayos convergentes. Levanta y apoya el espejo verticalmente, varias veces, observando la semejanza de los rayos verdaderos y reflejados.

- *¿Podrías decir que el punto donde los rayos verdaderos se encuentran es la reflexión del punto donde los rayos reflejados se encuentran?*

Traza estos dos puntos de convergencia y la posición de la superficie de reflejo del espejo.

Dibuja una línea que una los dos puntos de convergencia.

- *¿Qué ángulo hace esta línea con el espejo?*
- *¿Cuál es la distancia del punto verdadero de convergencia y del punto de la convergencia de la reflexión al espejo?*

Repite el experimento con otra hoja de papel, otro set de rayos convergentes y el espejo más cerca o más lejos del punto de convergencia.

Localiza los puntos de convergencia y la posición del espejo, luego dibuja las líneas y mide los ángulos como antes. Coloca una aguja verticalmente en el papel (usa cartón debajo de él) exactamente en los dos puntos de la convergencia.

Ahora tienes una aguja delante del espejo y otra aguja oculta detrás del espejo.

Levanta el espejo verticalmente hasta que puedas ver la aguja oculta, luego apóyalo y levántalo varias veces.

- *¿Está la aguja oculta situada en la posición de la imagen reflejada de la aguja frontal?*
- *¿Afecta un cambio de tu posición (de observador) la ubicación de la posición de la imagen?*

Deja la aguja y el espejo en su lugar. Haz la prueba y observa.

Experimento 5a

Reflexión - Reflexiones múltiples

Refleja un solo rayo desde espejo plano en un ángulo de incidencia de 45° a 50° .

Examina las reflexiones en detalle.

- ¿Cuántas reflexiones hay?
- ¿Cuál es la más brillante?

Mira cuidadosamente la parte baja del espejo desde arriba y haz un dibujo agrandado para demostrar cómo ocurre la reflexión de los tres rayos.

- ¿Hay algo especial si el ángulo de incidencia es 90° ?

Experimenta para descubrir si ocurren las tres reflexiones con otros ángulos de incidencia, por ejemplo: 10° , 20° y así sucesivamente hasta 90° .

- ¿Qué rayo reflejado desaparece y a qué ángulo ocurre?
- ¿Por qué es esta reflexión la más débil de las tres?

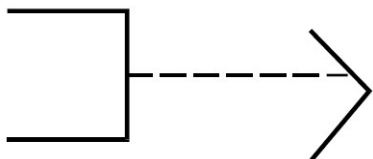
Coloca el bloque rectangular delante del espejo y repite el experimento y las observaciones.

Experimento 5b

Reflexión - Reflexiones múltiples

Coloca dos espejos en ángulo de 90° uno respecto al otro.

Apunta un solo rayo que incida en un espejo en ángulo, en un punto a unos 25 milímetros de la esquina donde se juntan ambos espejos.



Observa el rayo reflejado principal (no las reflexiones secundarias más débiles), cómo se refleja en ambos espejos. Traza esta posición.

- ¿Qué notas en las direcciones del rayo original y del rayo emergente?
- ¿Ocurre esto a cualquier ángulo de incidencia del rayo que envíes al espejo de ángulo recto?

Mira la esquina de los espejos.

- ¿Qué ves?
- ¿Si cambias de posición ocurre lo mismo?

Si tienes un espejo plano más grande, colócalo horizontalmente en el escritorio y ubica los otros dos espejos planos sobre él formando ángulos rectos, de modo que los tres espejos estén perpendiculares.

Un sistema de reflectores como este fue colocado en la luna por los astronautas.

Muévete de un lado a otro, hacia arriba y hacia abajo, mirando en la esquina triple desde todas las direcciones.

- ¿Qué ves en la esquina?

Apunta un haz de luz hacia la esquina.

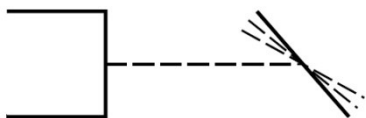
- ¿Qué notas sobre la reflexión?
- Sugiere por qué el reflector colocado en la luna era un reflector de tres ángulos rectos.
- ¿Qué tipo de rayo de luz dirigiste y qué pasó?
- Dado que los científicos saben que este tipo de reflexión ocurre en la tierra, ¿qué obtuvieron colocando el reflector en la luna?
- Examina los reflectores en la parte posterior de un auto o de una bicicleta. ¿Cuál es la forma de las hendiduras en el vidrio o plástico?

Experimento 6

Reflexión - Rotación de un espejo plano

Apunta un solo rayo de luz a un espejo plano. Traza el rayo incidente, la posición de la superficie de

reflejo del espejo (etiquétalo como M1) y el rayo reflejado (etiquétalo como R1)



Ahora rota el espejo 5° alrededor del punto de incidencia, de manera que el rayo del incidente toque el espejo en la misma posición, pero en un ángulo levemente diferente.

Traza la nueva posición del espejo como M2 y el nuevo rayo reflejado como R2.

Con un transportador, mide el ángulo de rotación del espejo (el ángulo entre las líneas M1 y M2).

Mide de igual forma el ángulo de rotación del rayo reflejado (el ángulo entre las líneas R1 y R2).

Compara los dos ángulos.

- *Predice qué sucederá a R2 si el espejo es rotado a M2 en 10° .*

Comprueba si tu predicción es correcta.

La siguiente técnica es frecuentemente utilizada por los científicos para exagerar o amplificar leves desplazamientos y poder medirlos con instrumentos de medida como la huincha de medir. Coloca el espejo en posición tal que el haz reflejado choca con la pared o un trozo de cartón a unos dos metros del espejo.

Mueve el espejo en unos 0.5° .

- *¿Qué observas en la imagen distante?*

Pide que tu profesor te muestre un galvanómetro de punto y descubre cómo utiliza un espejo y un rayo de luz como un puntero largo.

Experimento 7

Reflexión

- **Imágenes en un espejo plano**
- **Paralaje**

Coloca una aguja verticalmente en una hoja de papel usando un cartón debajo.

Coloca el espejo plano a unos 40 milímetros detrás de la aguja y observa la reflexión de la aguja en el espejo. La reflexión parece estar detrás del espejo.

Para localizar la posición de la imagen, apunta un solo rayo de luz que choque con el espejo y se refleje hacia la aguja.

- *La reflexión del rayo que se ve en el espejo, ¿va a la reflexión de la aguja?*
- *Si miras sobre la aguja y a lo largo del rayo hacia el espejo, ¿el rayo está doblado o es recto?*

Marca solamente la posición del espejo y del rayo incidente.

Mueve la caja de luz a una posición distinta, apuntando el rayo reflejado a la aguja como antes. Traza el rayo del incidente.

Repite el procedimiento, moviendo la fuente de luz a varias otras posiciones respecto a ambos lados de la aguja. Traza solamente los rayos incidentes.

Quita el espejo y dibuja los rayos incidentes, continuándolos hasta que se encuentran

- *¿Se reúnen ellos en un solo punto?*

Coloca nuevamente el espejo.

- *¿Te guían las líneas que has dibujado, delante y detrás del espejo, hacia donde ves la reflexión de la aguja?*

Si tienes dudas, coloca verticalmente una aguja alta o un palillo de tejer en el punto donde se encuentran las líneas detrás del espejo, de manera

que puedas ver la punta del palillo y la reflexión de la aguja al mismo tiempo.

- *¿Parecen estar en línea?*

Mueve tu cabeza hacia un lado y hacia el otro. ¿La aguja y el palillo se mantienen en línea? Este fenómeno es conocido como PARALAJE.

El PARALAJE es el aparente movimiento oblicuo de un objeto distante, relativo a un objeto cercano, en la misma dirección del movimiento del observador.

Los astrónomos utilizan el paralaje para mostrar cuáles estrellas son cercanas y cuáles son lejanas. Como la tierra se mueve en una órbita, las estrellas distantes parecen moverse, relativo a las estrellas más cercanas, en la misma dirección que la tierra.

Junta la posición de la aguja con la posición de su imagen.

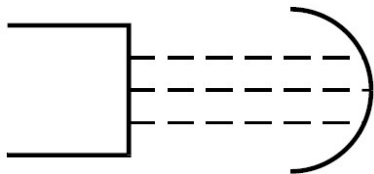
- *¿Corta esta línea al espejo perpendicularmente?*
- *¿Está la posición de la imagen tan lejos detrás del espejo como está el objeto delante de él?*

Mueve la aguja a otra posición y predice donde estará su imagen. Repite el experimento descrito para comprobar si tu predicción es correcta.

Experimento 8

Reflexión - En un espejo circular, cóncavo.

Selecciona el espejo curvo semicircular.



Dirige un set de rayos paralelos al centro de la curva interior del espejo de modo que los rayos sean paralelos a eje de simetría del espejo.

Traza los rayos incidentes y reflejados y observa dónde se juntan. Este punto se llama el FOCO del espejo.

- *¿Qué distancia hay entre el FOCO y el espejo?*

Esta distancia se llama la DISTANCIA FOCAL del espejo.

Si el punto focal parece borroso y desenfocado, con demasiados rayos traslapándose en él, bloquea los rayos exteriores que salen de la caja de luz y utiliza solamente los rayos centrales.

Experimento 9

Reflexión

- Centro de curvatura
- Radio de curvatura
- Distancia focal de un espejo circular

Configura la caja de luz y espejo como en el experimento anterior y, en el papel, traza la superficie de reflejo interior del espejo cóncavo. Mueve el espejo alrededor de la curva y continuar trazando hasta que tengas un círculo completo.

Mide el diámetro de este círculo en varias direcciones y calcula un diámetro medio.

- *¿Cuál es el radio del círculo?*

Encuentra el centro de curvatura, es decir, el centro del círculo.

- *¿Cómo es el radio comparado con la distancia focal que encontraste en el experimento anterior?*

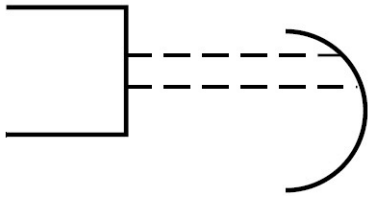
Otro método de encontrar el centro de curvatura es dirigir un solo rayo a la curva interior del espejo de manera tal que se refleje sobre sí mismo. Para hacer esto, el rayo debe rebotar en la superficie a lo largo de su "normal" o debe ser perpendicular a la superficie en ese punto y debe reflejarse a lo largo del radio a través del centro de la curvatura. Traza esta posición del rayo y sin cambiar la posición del espejo, mueve la caja de luz a otra posición donde el rayo se refleje otra vez sobre sí mismo y traza la nueva posición del rayo. Repite esto procedimiento una tercera vez.

El punto donde los rayos se encuentran es el CENTRO DE CURVATURA y la distancia de este punto a la curva del espejo es el RADIO DE CURVATURA.

Experimento 10.

Reflexión - Aberración Circular.

- *¿Qué sucede cuando diriges rayos paralelos a un espejo circular PARALELO al eje de simetría pero desplazado hacia un lado?*



Utiliza solamente dos rayos de la caja de luz.

Traza seis posiciones del punto focal a medida que mueves la caja de luz a diversas posiciones, manteniendo los rayos paralelos al eje de simetría.

- *Los puntos trazados ¿están en una curva o línea recta?*
- *Cuando se enfocan cuatro rayos, que son paralelos al eje de simetría del espejo, ¿se enfocan realmente en un punto?*

Usa la placa de cuatro rendijas, bloquea los dos rayos internos y traza la posición de los dos rayos externos y su punto focal. Marca la posición del espejo.

Bloquea los dos rayos externos y registra los dos rayos internos y su punto focal.

- *¿Cuáles rayos enfocan más cerca al espejo - los rayos internos o los rayos externos?*

Con otra hoja de papel, repite el trazo externo e interno del rayo, con cuatro rayos PARALELOS al eje de la simetría, pero desplaza la caja hacia un lado.

- *¿Es la aberración circular (es decir, la falta de enfoque de los rayos en un punto) creciente o decreciente al cambiar de lugar los rayos a un lado del eje de simetría?*

Quita la rendija anterior de la caja de luz y ajusta la lente que enfoca para que proyecte un haz de luz divergente. Sostén la caja de luz sobre la mesa y muévela aproximadamente un metro hacia atrás. Proyecta este haz de luz ancho en el espejo con un leve ángulo hacia abajo y observa el área brillantemente iluminada. Contornea esta área.

Esta forma se llama CURVA CÁUSTICA. Cáustica viene de quemar.

- *¿Por qué puedes llamar a una lupa vidrio quemante?*
- *¿Qué causa la forma de esta curva cáustica?*

Desliza la placa de una sola rendija por las ranuras de la caja de luz de modo de cortar gradualmente el haz de luz ancho.

Determina hacia dónde se refleja cada parte del haz.

Una forma como la de la curva cáustica, que es el contorno de las posiciones limitadoras de una línea flexible o que se mueve, se les llama algunas veces un “envolvente”. Encontrarás más “envolventes” en matemáticas avanzadas y encontrarás las ecuaciones que los generan.

En uno de tus registros de reflexiones, dibuja líneas desde el centro de curvatura a los puntos de la reflexión. Cada una de estas nuevas líneas es un radio y es normal a la curva del espejo.

Para cada reflexión, marca el ángulo de incidencia (entre el rayo incidente y la normal) y del ángulo de reflexión (entre el rayo reflejado y la normal).

- *¿Es igual el ángulo de reflexión y el ángulo de incidencia?*

Experimento 11

Reflexión - Espejo Convexo

Proyecta un número de rayos paralelos que incidan en la superficie EXTERIOR del espejo semicircular, paralela a su eje.

Traza la posición del espejo y las trayectorias de los rayos e indica las direcciones del rayo con una flecha.

- *¿De dónde parecen venir los rayos divergentes?*

Localiza este punto dibujando los rayos divergentes por la parte de atrás del espejo. El punto de donde vienen los rayos se llama FOCO VIRTUAL y la distancia de este punto al espejo se llama DISTANCIA FOCAL VIRTUAL.

- *¿Cómo se compara esta distancia focal con la distancia focal del lado cóncavo del espejo?*
- *¿Cómo se compara con el radio de curvatura del espejo encontrado previamente?*
- *¿Por cuánto difieren estos resultados?*
- *¿Puede que esta cantidad se relacione con la estructura del espejo?*
- *Sugiere por qué los espejos levemente convexos se utilizan como espejos retrovisores en los autos.*

Si se dibuja una línea del centro de curvatura a través del punto donde un rayo choca el espejo, esta línea es normal a la superficie. Dibuja varios de estas normales.

Para cada reflexión, mide el ángulo de incidencia (entre el rayo incidente y la normal) y ángulo de reflexión (entre el rayo reflejado y la normal)

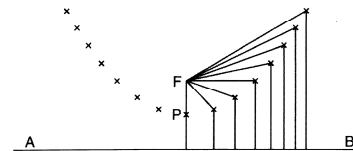
- *En cada reflexión, ¿el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión que lo acompaña?*

Experimento 12

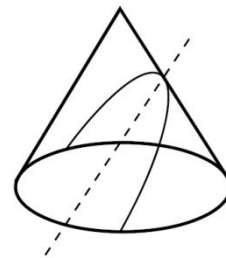
Reflexión - Reflector Parabólico

Una parábola es una curva compleja construida por uno de los siguientes métodos:

- *Diagrama un gráfico de $y = x^2$ u otra función algebraica cuadrática.*
- *Trazado del vuelo de un proyectil en aire.*
- *Mueve un punto P de modo que mantenga una distancia relativa a un punto fijo F (llamada el FOCO) y a una línea recta AB. Esta línea se llama la DIRECTRIZ porque dirige hacia qué lado se encontrará la parábola.*



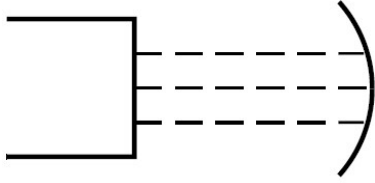
- *Corta un cono en un plano paralelo al lado inclinado. Esto se llama fabricación de una SECCIÓN CÓNICA. Otra de las secciones cónicas son círculos, elipses, o hipérbolas.*
- *¿Cómo se hace esto?*



Dirige un set de rayos paralelos a un reflector parabólico en trayectorias paralelas al eje de la simetría del espejo.

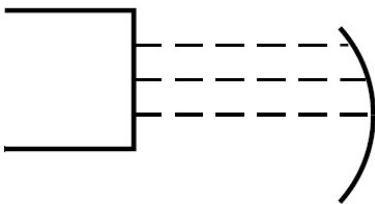
Traza la posición del espejo y de las trayectorias de los rayos.

Traza la distancia focal.



Mueve la caja de luz hacia un lado, manteniendo los rayos paralelos al eje de simetría. El papel milimetrado es útil para alinear el espejo y las trayectorias de los rayos para asegurar que los rayos son paralelos al eje.

- *¿Qué notas sobre la posición del punto focal?*



Dirige un haz de luz ancho desplazado hacia un lado en forma paralela al espejo parabólico y observa el efecto.

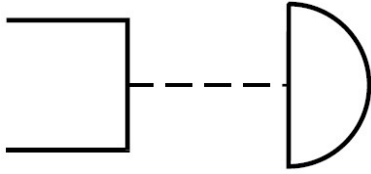
- *¿Qué forma de espejo se debiera usar para producir imágenes finas de estrellas dispersas en todas las direcciones en un campo visual?*
- *¿Qué sucedería si un punto de luz (una ampolleta) se pone en el punto focal de un espejo parabólico?. Haz la prueba y observa.*
- *¿Por qué las antenas de radares, los radio-telescopios, los reflectores principales de las luces del auto y los reflectores radiadores tienen una forma parabólica en vez de una forma esférica o circular?*
- *En los ejemplos dados, ¿dónde, en relación al reflector, debiera colocarse el dispositivo receptor, transmisor o radiador?*

Explica por qué.

Experimento 13

Refracción - Bloque Semicircular

Dirige una solo haz de luz en ángulo de 90° al centro del lado plano del bloque semicircular.

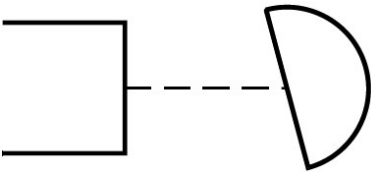


Traza la posición del bloque y la trayectoria de rayo.

- *¿Hay alguna desviación del haz de luz?*

Si hay, el ángulo no es de 90° .

Mueve la caja de luz de modo que el rayo incida en el mismo punto central en el lado plano del bloque, pero en un ángulo de 10° con respecto a la normal.



Traza la trayectoria de rayo dentro y fuera del bloque, de modo que cuando saques el bloque puedas ver la trayectoria del rayo claramente.

Mueve la caja de luz varias veces y usa lápices de color para trazar las diferentes trayectorias (que entran todas en el mismo punto del bloque).

¿Qué sucede cuando un rayo de luz:

- *pasa de un medio (aire) a otro medio (acrílico) en ángulo de 90° ?*
- *pasa como antes, pero en ángulo distinto a 90° ? (es decir cuando el ángulo de incidencia no es cero)?*
- *pasa del plástico de acrílico nuevamente al aire?*
- *¿Por qué el rayo no se desvía (refracta) cuando pasa a través de la cara semicircular y si se curva (refracta) cuando pasa a través de la cara plana?*

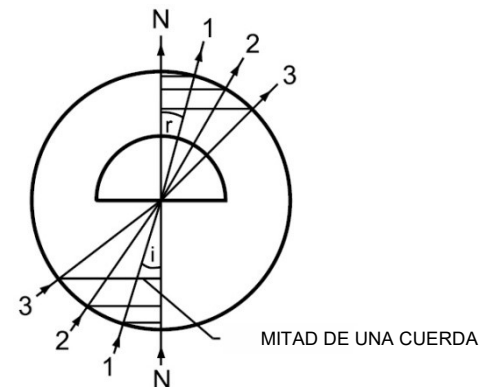
Quita el bloque después de hacer el experimento con unos seis rayos y marca la posición del lado plano del bloque. (Puedes dirigir los rayos en ambos lados de la normal de la superficie plana.)

Dibuja cuidadosamente todos los rayos que se encuentran en el punto medio del lado plano y sus trayectorias.

Dibuja un círculo de 100 milímetros de diámetro desde el punto de incidencia. Extiende cuidadosamente los rayos incidentes y refractados hasta que intersecten el círculo. Dibuja la normal N a la superficie de incidencia, a través del punto de incidencia.

Dibuja líneas perpendiculares a la línea normal donde los rayos y interceptan el círculo.

Tu diagrama se debe parecer a esto: -



Estas perpendiculares se llaman MITAD DE UNA CUERDA.

Compila tus observaciones en la siguiente tabla:

RAYO Nº	ÁNGULO DE INCIDENCIA i	ÁNGULO DE REFRACCIÓN r	DIFERENCIA ENTRE LOS ÁNGULOS $i-r$	RAZÓN ENTRE i/r	LARGO DE LA MITAD DE LA CUERDA i	LARGO DE LA MITAD DE LA CUERDA r
1						
2						
3						
4						
5						
6						

RAYO Nº	Razón entre (MITAD DE LA CUERDA i) / (MITAD DE LA CUERDA r)	Sen(i)	Sen(r)	Razón entre Sen(i) / Sen(r)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Si no has estudiado TRIGONOMETRÍA o LOGARITMOS, puede que no sepas completar las tres últimas columnas, pero no importa. Son simplemente una manera más exacta de comprobar los resultados obtenidos en la última columna.

- ¿Es la diferencia entre el ángulo i y el ángulo r siempre la misma?
- ¿Es la razón ángulo i / ángulo r siempre la misma?
- ¿Es la razón MITAD DE CUERDA i / MITAD DE CUERDA r siempre aproximadamente la misma?
- Es la razón $\text{sen}(i)$ / $\text{sen}(r)$ siempre la misma?

El hombre que descubrió este fenómeno se llamaba Snell. La Ley de Snell establece:

(a) Cuando un rayo de luz pasa de un medio (material) a otro medio en ángulo (no perpendicular a su interfaz), experimenta una flexión (REFRACCIÓN) y el cociente de: $\text{sen}(i) / \text{sen}(r)$ (o el cociente de las medias cuerdas) es una constante para estos dos medios particulares.

(b) El rayo del incidente, la normal a la interfaz y el rayo refractado, se mantienen en un mismo plano (es decir son COPLANARES).

El cociente $\text{Sen}(i) / \text{Sen}(r)$ se llama índice de refracción de los dos materiales.

- *¿Cuál es el índice de refracción para una interfaz AIRE-ACRÍLICO?*

Para observar y registrar las diversas características de flexión (distintos ÍNDICES DE REFRACCIÓN) de materiales con excepción del acrílico, utiliza un bloque de vidrio en lugar del bloque de acrílico, o utiliza una bandeja semicircular llena con agua, keroseno, parafina u otro líquido claro.

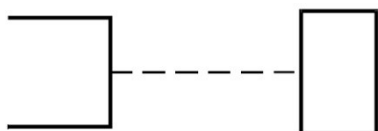
No tomes en cuenta qué le sucede a los rayos después, registra la primera refracción.

Experimento 14

Refracción – Bloque de lados paralelos

Pon el bloque rectangular con el lado largo hacia un rayo de luz.

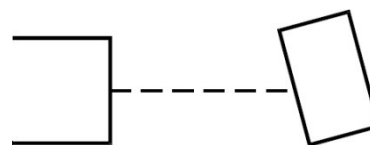
- *¿Hay alguna refracción en la cara incidente o en la cara emergente? Si no, ¿por qué no?*



- *El rayo pasa de un medio (aire) a un segundo medio (acrílico) en la primera interfaz y viceversa en la segunda interfaz. Por lo tanto, ¿qué otra condición, además de pasar de un medio a otro, debe estar presente para haya refracción?*

Mueve la caja de luz hasta que el rayo incida en el centro del lado largo del bloque en un ángulo de la incidencia de 10° .

Esto es en 80° con respecto a la superficie. Traza las trayectorias del rayo incidente y emergente. Quita el bloque y dibuja:



(a) La trayectoria del rayo a través del bloque.

(b) La trayectoria teórica del rayo si no hubiese un bloque en esa posición.

- *¿Es el rayo emergente paralelo al rayo incidente y a su extensión?*

Ahora dibuja las normales a la interfaz donde los rayos entraron y emergieron del bloque.

Mide los ángulos de incidencia y de refracción (con respecto a las normales) en ambas interfaces. Dibuja flechas en los rayos si tienes duda en cuanto a cuál es el rayo del incidente en la segunda interfaz.

Con un transportador, mide y etiqueta los ángulos de incidencia y los ángulos de refracción de las dos refracciones.

- *¿El la refracción en la primera interfaz inversa a la de la segunda interfaz?*

Dibuja los círculos, como en el EXPERIMENTO 13, alrededor de cada punto de refracción y mide las mitades de cuerda las normales de estos puntos.

Utilizando la fórmula:

Índice de refracción = $\frac{\sin(i)}{\sin(r)}$ o

$(\text{MITAD DE CUERDA } i) / (\text{MITAD DE CUERDA } r)$

encuentra el Índice de Refracción de aire a acrílico y el Índice de Refracción de acrílico a aire.

- ¿Cuál es mayor de 1? ¿Cuál es menor de 1?
- ¿Es uno el inverso del otro?
- Si el índice de refracción del aire al vidrio es 1.5, (es decir 3/2), ¿cuál es el índice de refracción del vidrio al aire?
- Si el índice de refracción del aire al agua es 1.33, (es decir 4/3), ¿cuál está el índice de refracción del agua al aire?

Hemos utilizado solamente un ángulo de incidencia (sobre 10°) para encontrar el índice de refracción.

- ¿Hay alguna necesidad de utilizar otro ángulo de incidencia? Si no, ¿por qué no?

Experimento 15

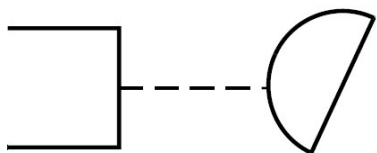
Refracción - Reflexión Interna Total

Usa el bloque semicircular.

Ubica el bloque semicircular de modo que un solo rayo de luz incida en la superficie curva en su punto mediano normal y pase a través del centro del lado plano.

- ¿Hay alguna refracción en alguna de las interfaces? Si no, ¿por qué no?

Marca la posición del centro del lado recto del bloque y rota el bloque levemente en torno a éste punto hasta que el rayo incidente llegue al lado recto en un ángulo



- En la superficie plana, ¿Se refracta el rayo acercándose o alejándose del punto normal de incidencia?

Nuevamente, rota el bloque sobre el punto central del lado plano y observa y traza otra vez el rayo emergente en esta nueva posición.

Continúa rotando el bloque hasta que no emerja ningún rayo refractado de la cara plana.

- ¿Cuál es el ángulo de incidencia en la cara plana cuando ocurre esto?

Rota el bloque un poco más.

- ¿Qué le sucede al rayo que fue refractado previamente? Rótalo devuelta hasta que el rayo deje de reflejarse internamente y se refracte otra vez.

Encuentra de nuevo el ángulo de incidencia en el cual la refracción desaparece y comience la REFLEXIÓN INTERNA.

Mide este ángulo de incidencia que se llama el ÁNGULO CRÍTICO para este material.

La definición es: El ángulo crítico para un material es el ángulo de incidencia más allá del cual un rayo de luz, al pasar de un medio denso a un medio ligero no se refracta fuera del medio, si no que está totalmente reflejado internamente.

Dibuja un círculo de radio aproximadamente 100 milímetros sobre el punto de incidencia y traza las mitades de cuerda del ángulo crítico (llamado i_c).

Calcula el cociente de: $(\text{MITAD DE CUERDA } i_c) / \text{RADIO}$ o encuentra el $\sin(i_c)$ en un libro con tablas matemáticas o calculadora.

Usando tus resultados experimentales anteriores, calcula:

$$\frac{1}{\text{Índice de refracción de acrílico a aire}}$$

Qué notas respecto a:

Mitad de cuerda ic	:	Sen i	::	1
radio		Sen r		Índice de refracción de acrílico a aire

- Si el índice de refracción del aire al vidrio es 1.5, (es decir 3/2), cuál es su lo contrario?
- Entonces ¿por qué el sen ic es igual del vidrio al aire?
- ¿Cuál es entonces es el ángulo crítico del vidrio del aire?
- Si el índice de refracción del aire al agua es 1.33, (es decir 4/3), cuál es su lo contrario?
- ¿Cuál entonces es el ángulo crítico del agua del aire?

Si es posible, toma un bloque de vidrio y una bandeja baja con agua y proyecta un solo rayo a través de ellos alternadamente. Encuentra y comprueba los ángulos críticos para vidrio a aire y agua a aire.

- Si pones un bloque de vidrio en agua y observas la interfaz vidrio agua, el ángulo crítico ocurre cuando el rayo pasa ¿del agua al vidrio, o del vidrio al agua?

Comprueba tu respuesta experimentalmente.

- ¿Cómo se usa el ángulo crítico de un trozo de acrílico para encontrar su índice de refracción?

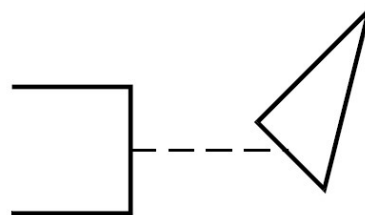
Experimento 16

Refracción - Reflexión Interna Total

Usa los prismas triangulares

- (a) Dirige un solo haz de luz al lado más corto del prisma de acrílico de 30°-60°-90°, de modo que el haz refractado dentro del prisma choque la hipotenusa.

Ajusta las posiciones de la caja de luz y del prisma hasta que ocurra la reflexión interna total y el rayo emerja por la tercera cara.



Traza la primera posición en la cual esto ocurre y mide el ángulo de incidencia con respecto a la normal de la hipotenusa.

- ¿Es igual al ángulo crítico del último experimento?

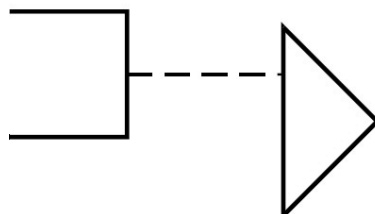
- (b) Dirige un solo haz perpendicular al lado más corto del prisma de acrílico de 45°-45°-90° de modo que el rayo choque la hipotenusa internamente.

- ¿Se refleja?

Traza los rayos que ingresan y emergen y la posición del prisma.

Dirige un solo rayo perpendicular a la hipotenusa del prisma de 45° aproximadamente a un cuarto de distancia del extremo.

Esta vez el rayo se refleja en el prisma internamente y totalmente dos veces y vuelve en una trayectoria es paralela a la original pero en sentido inverso.



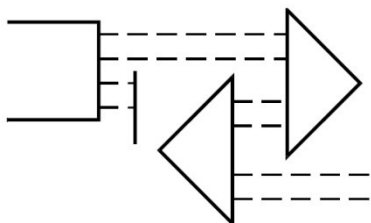
Traza la posición del prisma y la trayectoria del rayo a través de él.

- (c) Dirige cuatro rayos paralelos a la hipotenusa del prisma de 45° cerca a un extremo, colorea los rayos alternadamente (colocando un filtro de

color sobre ellos) y traza la trayectoria de cada rayo con distintos colores.

- *¿Se invierte la posición de los rayos con la reflexión doble?*

(d) Dirige dos haces de luz paralelos a dos prismas de 45° , como muestra el siguiente diagrama.



Colorea cada haz alternadamente y traza su trayectoria.

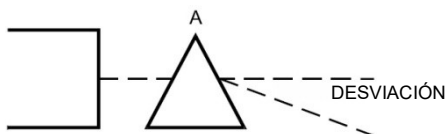
- *La reflexión cuádruple (dos veces en cada prisma) ¿restaura la ubicación de cada haz de luz, o están todavía invertidos?*

Este arreglo de dos prismas se usa en binoculares prismáticos, para acortar la distancia total que de otra forma resultaría en un telescopio de 0.5 metros a 0.75 metros de largo.

Experimento 17

Refracción- Ángulo de Refracción Doble de Desviación Mínima

Dirige un solo rayo de la luz en una cara del prisma triangular equilátero (60° - 60° - 60°) de modo que el haz esté aproximadamente paralelo a un lado adyacente y el rayo emerja del tercer lado después de ser refractado dos veces.



Traza la posición del prisma y las trayectorias de rayo de luz.

Dirige el rayo al mismo punto en la cara del prisma y cambia el ángulo de incidencia. Observa la diferencia en la dirección del rayo emergente.

Encuentra la posición del prisma y del rayo de luz que produce la desviación mínima del haz de su dirección original.

Repite este experimento usando un ángulo de 45° en la posición A y encuentra el ángulo de desviación mínima.

Repite este experimento usando un ángulo de 90° en la posición A y encuentra el ángulo de desviación mínima

Repite este experimento usando un ángulo de 30° en la posición A y encuentra el ángulo de desviación mínima.

Tabula tus observaciones en la siguiente tabla:

RAYO	ÁNGULO DE INCIDENCIA	ÁNGULO DE REFLEXIÓN
A		
B		
C		

- *¿Cómo afecta el ángulo del prisma al ángulo de desviación mínima?*
- *¿Qué sucede cuando el ángulo de 90° se utiliza en la posición A?*

Experimento 18

Refracción - Refracción Doble Usando Rayos Paralelos

(a) Como en el experimento anterior, apunta un solo rayo a través de un prisma triangular. Designa el ángulo de la punta del prisma como ángulo A y la cara opuesta a A como su base.

- *¿El rayo doblemente refractado se dobla hacia la base o se aleja de ella?*

Repite este experimento, usando cada ángulo de cada prisma en el ángulo A alternadamente.

- *¿La dirección de refracción hacia la base es la misma para cualquier ángulo en la posición A?*

(b) Dirige un par de haces paralelos a través de cada uno de los prismas triangulares alternadamente y observa los rayos emergentes.

- *¿El haz de rayos paralelos emergen paralelos en los prismas de 30°, 45° y 60°?*

Experimento 19

Refracción - Refracción Doble Usando la Dispersión del Color

Coloca la rendija que entrega el haz ancho. Dirige un solo haz ancho a través del prisma equilátero y ajusta el prisma para obtener la máxima desviación del rayo. Coloca una tarjeta blanca en la trayectoria del rayo.

- *El haz de luz original ¿es blanco o de colores?*
- *El haz de luz emergente, ¿tiene algún indicio de color?*
- *¿Cuál borde del haz es rojo y cuál es azul?*

Si están presentes más colores que rojo y azul, haz una lista en el orden en el cual aparecen.

Tal gama de colores, causada por la dispersión de la luz blanca se llama ESPECTRO. Se produce porque cada color se dobla una cantidad levemente diferente durante la difracción. Todos los colores juntos hacen el blanco de la luz y un prisma puede separarlos otra vez debido a este fenómeno asombroso.

Experimento 20

Refracción - Absorción del Color por Filtros

Con el sistema instalado como en el experimento anterior, coloca un filtro rojo en las ranuras anchas de la caja de luz delante del haz ancho.

- *¿Qué efecto tiene esto en el espectro emergente?*

Quita el filtro entre de la fuente de luz y el prisma de dispersión. Ahora coloca el filtro de modo que el haz de colores que emerge de prisma pase a través de este filtro.

- *¿Qué sucede con los colores que no son rojos?*

Repite este procedimiento, usando los otros filtros del kit. En primer lugar prueba uno por uno y luego usa varios pares.

Copia y completa la siguiente tabla:

		LA LUZ BLANCA CONTIENE LOS SIGUIENTES COLORES					
		ROJO					VIOLETA
FILTRO ROJO	Transmite						
	Absorbe						
FILTRO AZUL	Transmite						
	Absorbe						
FILTRO AMARILLO	Transmite						
	Absorbe						
FILTRO	Transmite						
	Absorbe						
ETC.							

Experimento 21

Refracción - Experimento de Newton con Espectros

Produce un espectro claro usando la dispersión del color causada por la refracción doble en un solo prisma de ángulo 60° , ubicándolo en la posición de desviación mínima. Utilizar un haz de luz delgado.



Realiza el experimento de Sir Isaac Newton colocando un segundo prisma de 60° en la trayectoria de haz de color dispersado. Asegúrate que las caras de los dos prismas están paralelas y muy cercanas.

Esto refracta el haz otra vez en la dirección opuesta y recombina los colores del espectro para hacer la luz blanca. Cuando se pinta un disco con los colores del espectro y se hace girar rápidamente, el ojo ve solamente una combinación de todos los colores y el disco parece ser blanco.

Pide a tu profesor que te muestre el “Disco de Color de Newton”.

Experimento 22

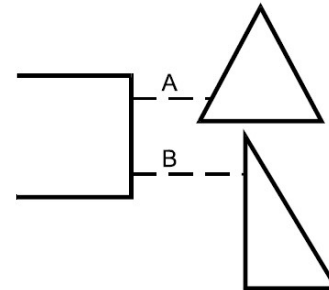
Refracción - Refracción Doble Usando La Lente Biconvexa

El EXPERIMENTO 18 demostró que un solo prisma no llevará rayos paralelos a un foco - siguen siendo paralelos después de la refracción, aunque muestran una leve dispersión del color.

Sin embargo, un conjunto de prismas pueden usarse para focalizar rayos paralelos, y que se encuentren en un punto.

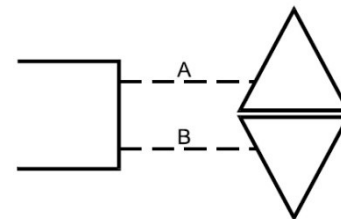
Configura la caja de luz para producir dos rayos paralelos espaciados tan extensamente como sea posible.

Coloca los prismas con los ángulos de 60° y 30° según la siguiente figura y traza la trayectoria de los rayos emergentes.



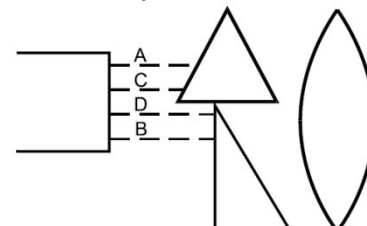
Cambia los prismas como se muestra en la siguiente figura, esta vez usando dos prismas idénticos. (Pide uno prestado de otro kit)

Este método de ubicación de los prismas enfoca dos haces paralelos A y B en un punto.



- Si agregas otro haz paralelo al haz A y uno paralelo al haz B, ¿se enfocan también en el mismo punto? Haz la prueba y observa.

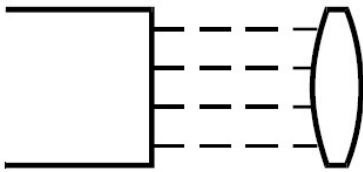
Para llevar TODOS los rayos a un foco en un punto, se requiere otro prisma con un ángulo distinto para el rayo C y uno más con otro ángulo para el rayo D. Esto significa que es necesario un prisma con cada cambio de ángulo desde un ángulo pequeño a un ángulo grande. Tal objeto se llama una LENTE.



Dirige cuatro rayos paralelos a una cara de la lente más delgada del kit como se muestra en la siguiente figura. Traza la posición de la lente, las trayectorias de los rayos y el punto focal.

- Si la **DISTANCIA FOCAL** de una lente es la distancia del **CENTRO DE LA LENTE** al **PUNTO FOCAL**, ¿cuál es la distancia focal de esta lente?

En otro trozo de papel, encuentra la distancia focal de la lente más gruesa del kit.



Las lentes de esta forma se llaman **BICONVEXAS** porque ambos lados se ensanchan hacia fuera.

Experimento 23

Refracción - Radio de Curvatura

Traza la curva de un lado de la superficie de la lente más fina en tu hoja de papel.

Mueve la superficie curvada a lo largo de este trazo y extiende el trazo un número de veces tal que formes un círculo.

Mide el diámetro del círculo y calcula el radio.

Repite el experimento, usando la lente biconvexa más gruesa.

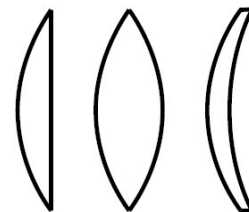
- ¿Cuál es el radio del segundo círculo?

Cada uno de los radios de los círculos se llama el **RADIO DE CURVATURA** de la lente en particular usada para dibujar el círculo.

Con los resultados obtenidos en el **EXPERIMENTO 22**, compara el radio de curvatura de cada lente con su distancia focal.

- ¿Cómo afecta el radio de curvatura la distancia focal?
- Si se requiere una lente con una distancia focal de 20 milímetros, ¿qué radio de curvatura debe usarse?

La curvatura de una lente no es necesariamente igual en ambos lados.



Una lente puede tener la misma forma que las del kit, aunque muchos tienen una forma similar a los del dibujo anterior. La curvatura de un lado puede no ser igual a la del otro lado y un lado puede ser convexo (ensanchándose hacia afuera) mientras que el otro lado puede ser cóncavo (socavado hacia adentro).

La siguiente fórmula demuestra la relación entre el índice de refracción, la distancia focal y el radio de curvatura:

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

Donde: -

t = distancia focal de la lente

n = índice de refracción del material

R1 = radio de curvatura de una cara

R2 = radio de curvatura de la otra cara

- ¿Cuáles son los valores de R1 y de R2 para las dos lentes biconvexas del kit?

Utiliza uno de estos grupos de valores en la fórmula anterior y calcula el valor del “n” para el material plástico de las lentes.

Usa un segundo grupo de valores para verificar el valor de “n” de este material. (Ambas lentes se hacen con el mismo material).

- *¿Cómo es el valor de “n” calculado, comparado con el valor que obtuviste en el EXPERIMENTO 13?*

Experimento 24

Refracción - Línea Focal o Plano Focal de una Lente Biconvexa

Coloca una de las lentes biconvexas en una hoja de papel y traza su contorno.

Sin cambiar la posición de la lente, configura la caja de luz para que proyecte dos rayos paralelos y muévela de modo que:

(a) Proyecte los rayos paralelos al eje de simetría de la lente.

(b) Proyecte los rayos en un ángulo pequeño con respecto al eje pero manteniendo como objetivo el centro de la lente; primero del lado izquierdo y luego del lado derecho.

(c) Proyecte los rayos en ángulos más grandes con respecto al eje, pero manteniendo como objetivo el centro de la lente.

Dibuja una línea con esta serie de puntos focales (FOCOS).

- *¿Dibujan los puntos una línea recta o una curva?*
- *Si asumimos que el par de rayos paralelos vienen de las estrellas distantes y están pasando por la lente, ¿dónde debe ponerse la película fotográfica para que las estrellas estén enfocadas?*

La posición en la cual los rayos paralelos en cualquier ángulo llegan a un foco se llama el PLANO FOCAL de la lente.

Algunas cámaras fotográficas tienen un obturador que se abre y se cierra cerca de la lente. Otras (que tienen lentes desprendibles o permutables) tienen un obturador como un rodillo-oculto que cubre la película, excepto en el instante en que los rodillos

ocultos se enrollan para exponer la película. Tal obturador se llama un obturador de PLANO FOCAL.

Experimento 25

Refracción - Aberración Cromática por la Lente Biconvexa

Haz pasar los rayos a través de los bordes externos de una lente biconvexa. Observa que tienen bordes coloreados después de la refracción.

- *¿Cuál borde es rojo y cuál es azul?*

Pasa dos rayos paralelos a través de los bordes externos de la lente de modo que converjan en un foco.

Coloca una tarjeta blanca vertical cerca del punto focal y deslízala hacia y desde la lente.

- *¿En qué posición de la tarjeta, con respecto a la lente, la imagen tiene un centro rojizo y bordes azules?*

Sugiere por qué los telescopios y prismáticos baratos de juguete tienen franjas de color alrededor de las imágenes que producen.

Los fabricantes de las lentes para las cámaras fotográficas, los telescopios, etc. tienen grandes problemas para asegurar que todos los colores converjan en un foco en el mismo punto, al usar combinaciones de lentes de distintas curvaturas y hechas de vidrios de diferentes índices de refracción. Una combinación de lentes que tienen elementos diseñados para lograr esto se llama LENTE ACROMÁTICA.

Experimento 26

REFRACCIÓN - Lente bicóncava

Selecciona la lente que tiene dos lados curvados hacia adentro, haciéndolo más delgado en el centro que en los lados. Esta se llama una lente BICÓNCAVA.

Dirige cuatro rayos paralelos de luz a la lente, paralelos a su eje de la simetría.

Traza la posición de la lente y rayos de entrada y salida.

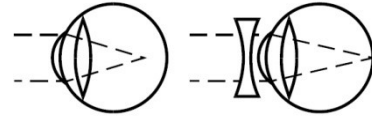
Quita la lente y extiende los rayos emergentes hacia atrás a través de la posición de la lente en dirección a la caja de luz.

¿Parecen venir de un punto o de varios?

Una lente bicóncava es una LENTE de DIVERGENCIA y se dice que tiene una DISTANCIA FOCAL NEGATIVA porque el punto desde donde los rayos parecen venir no está después del lente sino que entre la fuente de luz y la lente

¿Cuál es la distancia focal de la lente utilizada?

Tales lentes son útiles para corregir “cortos de vista”. Ésta es una condición en la cual la imagen formada por la lente del ojo se forma antes de la retina sensible a la luz.



También se utilizan para aumentar la distancia focal de lentes convergentes.

Intenta recordar el método que fue entregado al principio de este manual para dar un haz de luz de convergencia larga desde la caja de luz.

Experimento 27

Observación Del Color - Colores De Objetos

En el CAPÍTULO 2, EXPERIMENTO 20, la luz blanca fue dispersada en un espectro coloreado como el arco iris al pasar por un prisma. Varios filtros se colocaron en el haz para ver cuáles colores del arco iris son transmitidos por los filtros y cuáles se absorben.

El extremo posterior de la caja de luz tiene espejos con bisagras y está diseñada para colocar 3 filtros de colores en diferentes posiciones. Utilizando el extremo posterior de la caja de luz (no los espejos) dirige un haz de luz blanca a cada una de las ocho placas de colores del kit. Colorea el haz incidente introduciendo los filtros en las rendijas proporcionadas y registra los colores que observas cuando haces incidir haces de colores diferentes. Copia y completa la tabla de esta página.

El color de un objeto se explica entendiendo que la luz blanca está compuesta de muchos colores y que un objeto blanco refleja todos estos colores.

Un objeto rojo absorbe todos los colores excepto el rojo, que refleja, haciendo que el objeto parezca rojo.

Sin embargo, si filtras el rojo totalmente de la luz incidente usando un filtro azul-verde (o cyan), entonces el objeto rojo absorberá el color cyan del rayo incidente y no debe reflejar nada. Comprueba tus datos tabulados con esta teoría.

Familiarízate con los filtros y las placas coloreadas y predice cómo deben verse los siguientes colores:

Un objeto azul, iluminado por el rojo y visto con el ojo desnudo.

Un objeto rojo, iluminado por el naranja y visto a través de un filtro amarillo.

Un objeto azul, iluminado por el rojo y visto a través de un filtro amarillo.

Un objeto rojo, iluminado por el naranja y visto con el ojo desnudo.

Un objeto rojo, iluminado por la naranja y visto con un filtro, etc., etc.

COLOR DEL OBJETO CON LUZ BLANCA	COLOR DEL OBJETO CUANDO LA LUZ INCIDENTE ES:					
	ROJA	NARANJA	AMARILLA	VERDE	AZUL	VIOLETA
ROJO						
NARANJO						
AMARILLO						
VERDE						
AZUL						
VIOLETA						

Ilumina varias placas con luz blanca, y sostén el filtro cerca de tu ojo, observa las placas. Copia y completa la siguiente tabla.

COLOR DEL OBJETO CON LUZ BLANCA	COLOR DEL OBJETO CUANDO SE MIRA A TRAVÉS DE UN FILTRO DE COLOR:					
	ROJO	NARANJO	AMARILLO	VERDE	AZUL	VIOLETA
ROJO						
NARANJO						
AMARILLO						
VERDE						
AZUL						
VIOLETA						

Experimento 28

Observaciones del Color - Adición de Colores

Utilizando las 2 posiciones laterales con los espejos y también la posición del extremo de la caja de la caja de luz, proyecta tres haces coloreados hacia una tarjeta blanca. Haz el primer set de colores rojo, azul y amarillo.

NOTA: Coloca el color más débil en la posición del extremo de la caja de luz y los colores más fuertes en los costados. Esto compensa la pequeña pérdida de intensidad durante la reflexión en los espejos laterales. Para anular una de las aberturas, utiliza la placa sin rendijas.

Mueve los espejos para traslapar los haces de luz y registra tus observaciones en forma tabulada como sigue:

ROJO + AZUL =

ROJO + AMARILLO =

AMARILLO + AZUL =

ROJO + AZUL + AMARILLO =

Utiliza los otros filtros del KIT y resuelve todas las otras combinaciones posibles.

Encuentra una combinación que dé la luz blanca, o cerca de ella, cuando están mezclados. Las combinaciones que logran esto se llaman COLORES COMPLEMENTARIOS.

Los colores complementarios son dos colores que al estar juntos hacen la LUZ BLANCA.

Agrega tres colores para hacer blanco, después quita uno de ellos moviendo un espejo. El color que queda en la pantalla es el COMPLEMENTO del que sacaste.

Coloca en una lista tres colores, y después escribe cada color y su complemento.

Los tres colores utilizados son: 1 ... 2 ... y 3 ...

El color complementario del 1 es:

El color complementario del 2 es:

El color complementario del 3 es:

NOTA: Quita los filtros de color de la caja de luz después de utilizarlos, la exposición prolongada al calor del la lámpara puede dañar el filtro.

Experimento 29

Observaciones del Color – Sombras del Color

Mezcla tres colores para hacer blanco.

Coloca un lápiz a unos 80 milímetros delante de la pantalla, de manera que sea iluminada por los tres haces.

Observa y registra los colores de las sombras y los colores de su fondo. Explica la razón de estas sombras coloreadas.

Para ayudar a tu explicación, dibuja un bosquejo del esquema experimental, incluyendo la dirección y los colores de los tres rayos de luz.

Experimento 30

Observaciones Del Color – Sombras

Quita los filtros de color y cierra los espejos laterales. Dirige la luz que emerge de la abertura posterior a una pantalla blanca cerca de 300-450 milímetros de la caja. Sostén un lápiz cerca de 50 milímetros delante de la pantalla y observa la sombra delgada.

Esta sombra delgada se llama “UMBRA”.

Repite el experimento, esta vez difundiendo la luz a través del papel. Observa las dos intensidades de sombra.

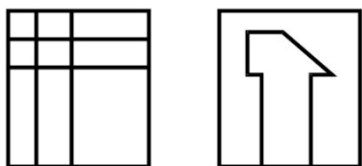
La sombra difusa se llama la PENUMBRA y el UMBRA se ve dentro de ella.

CAPÍTULO 4 BANCO ÓPTICO

BANCO ÓPTICO INTRODUCCIÓN

IEC fabrica un Banco Óptico del bajo costo, conveniente para usar la caja de luz como la fuente de luz. Viene con muchos lentes y componentes para variados experimentos. Solicite a INDAGA CIENCIAS el producto: Banco Óptico "Hodson" con Accesorios (FLU0389).

La caja de luz se puede utilizar como fuente de luz para muchos experimentos con lentes y espejos. Para hacer esto, cubre la abertura posterior con un pedazo de papel manteniéndolo en su lugar con elásticos o cinta adhesiva. Utiliza un marcador negro fino para dibujar una rejilla o un patrón cruzado en el papel. Haz que el extremo de la caja de luz parezca como en los siguientes diagramas.



Es mejor si el patrón no es simétrico, porque entonces es obvio si la imagen resultante se invierte o no.

Si no tienes un Banco Óptico de IEC, usando plasticina, monta cuidadosamente una lente biconvexa en una cartulina o una moneda. Asegúrate de que sea absolutamente vertical y de que su centro está a la misma altura que la parte superior del banco, como el centro de la pantalla iluminada en la caja de luz.

Para hacer una pantalla en la cual enfocar los cuadros, adhiere un pedazo de la tarjeta blanca verticalmente a un bloque de madera. Se sugiere un cuadrado de 100 mm de lado de papel pegado a un cuadrado de 100 mm de cartulina. Corta el centro de la cartulina, dejando un marco ancho de 12

milímetros para apoyar el papel. Sujeta esto con tachuelas verticalmente a un bloque de la madera.

Experimento 31

Banco Óptico - Lente Biconvexa

Coloca una cinta de papel o cinta adhesiva a lo largo del centro del banco óptico y fíjala en esta posición. Utilizando la luz solar, o la luz de una ventana distante, enfoca una imagen delgada a través de la lente a la pantalla y mide cuidadosamente la distancia de la lente a la pantalla. Esta medida es su DISTANCIA FOCAL. La distancia focal de la lente es la distancia desde la lente a la cual los rayos paralelos convergen en un foco. Los rayos del sol pueden ser considerados rayos paralelos.

Ubica la lente verticalmente en el medio de la cinta y marca la distancia focal en la cinta en ambos lados de ella. Marca estos puntos con la letra F, luego marca el doble de la distancia F en ambos lados de la lente y marca estos dos puntos como 2F.

Coloca la caja de luz (con la imagen dibujada puesta al frente) en la cinta en alguna parte más allá de 2F. En el otro lado de la lente, coloca la pantalla para enfocar. Mueve la pantalla hacia y desde la lente hasta obtener una imagen fina de la fuente de luz. Marca las posiciones de la fuente de luz y de su imagen en la cinta.

- *Si la fuente está fuera de 2F a uno de los lados de la lente, ¿dónde, con respecto a 2F en el otro lado, se forma la imagen?*

Paso a paso mueve la fuente hacia la lente y escribe a cada paso, la posición de la fuente y su imagen (AA, BB, CC, etc.).

- *A medida que la fuente se acerca al punto 2F, ¿qué le sucede a su imagen en el otro lado?*

NOTA: Puede ser necesario inclinar levemente la lente verticalmente o para ladearla horizontalmente para alinear la fuente, lente e imagen, a lo largo de la cinta.

- Cuando la fuente está fuera de los $2F$, ¿la imagen parece ser más larga o más corta que la original?

Mueve la fuente a una posición entre $2F$ y F .

- ¿Qué le sucede a la posición de la imagen?

Traza varias de estas posiciones entre $2F$ y F y etiquétalas con las letras en pares como antes.

- ¿Qué le sucede a la imagen cuando la fuente está en F ?
- ¿Dónde estaba la "fuente del sol" cuando su imagen estaba en F ?

Cuando los científicos observan comportamientos regulares, buscan conexiones matemáticas que expliquen comportamiento observado.

En la cinta, utiliza una regla para medir cada una de las distancias marcadas A, B, C, etc., al punto focal F, en ese lado de la lente. Si es la distancia de la imagen a F y así So es la distancia de la fuente a F.

Registra tus observaciones en una tabla como la que se muestra. Ahora eleva al cuadrado la distancia focal y compara Si x So con F^2 . Si el experimento se realiza cuidadosamente y si encuentras correctamente la distancia focal, entonces el Si x So debe ser igual a F^2 .

POS	Distancia So Fuente a F	Distancia Si Imagen a F	Producto So x Si
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			

Si en vez de medir las distancias desde el punto focal, medimos las distancias de la fuente y de la imagen desde la lente (es decir u y v respectivamente), podemos comprobar otra fórmula. La fórmula es:

$$1/f = 1/u + 1/v \text{ donde } f \text{ es la distancia focal.}$$

Mueve la fuente a una posición entre F y la lente.

La imagen no se enfoca más en la pantalla, pero moviendo la fuente de luz un poco hacia un lado y poniendo tu cabeza hacia abajo bastante cerca de la lente en el lado opuesto, debieras observar una IMAGEN ERGUIDA ALARGADA que parece estar en alguna parte detrás de la fuente de luz, como cuando se utiliza una lupa.

- Cuando la fuente está fuera de F, las imágenes están:

(a) ¿ERGUIDAS? (b) ¿INVERTIDAS? (c) ¿REDUCIDAS? o (d) ¿AGRANDADAS?

Experimento 32

Banco Óptico – Trazado del Rayo con Lentes Biconvexas

El trazado del rayo es un método para encontrar la ubicación de la posición de la imagen. Para hacer esto se utilizan tres rayos principales. Estos son:

- (a) El rayo de la fuente, paralela al eje de la simetría.
- (b) El rayo de la fuente a través del punto focal.
- (c) El rayo de la fuente a través del centro de la lente.

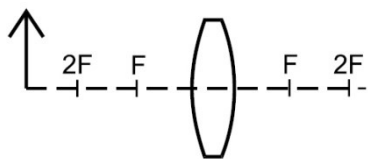
Configura la caja de luz para generar un solo rayo estrecho.

Coloca la lente biconvexa en una hoja de papel, con una línea dibujada que indique el eje de la simetría.

Marca un punto para señalar el punto focal F. (Si tienes dudas, apunta los rayos paralelos al eje de la simetría, desde el otro lado de la lente para encontrar el punto F).

Marca el punto 2F en dos veces la distancia focal en ambos lados de la lente.

Dibuja una flecha en negro de unos 40 milímetros de alto, perpendicular al eje de la simetría, en alguna parte más allá de 2F.



El sistema debe parecer como el mostrado.

Dirige el primer rayo principal a través de la punta de la flecha, paralelo al eje de la simetría. Traza su trayectoria subsecuente después de la refracción, la cual debe pasar por F en el otro lado.

Dirige el segundo rayo principal a través de la punta de la flecha y a través del punto focal F más cercano. Traza su trayectoria subsecuente a través de la lente. Si no toca la lente, la flecha es demasiado larga. Si es necesario, acorta la flecha y repite desde el primer rayo.

Este segundo rayo debe emerger paralelo al eje, después de pasar a través del punto focal F y de la lente.

Dirige el tercer rayo principal a través del punto de la flecha y del centro de la lente y traza su trayectoria subsecuente.

Este rayo debe pasar a través del punto en el otro lado de la lente donde los rayos uno y dos se juntan.

Esta es la posición de la imagen para un objeto puesto donde está la flecha. Dirige varios rayos desde la punta de la flecha en diferentes direcciones asegurándote que pasen por la lente.

- ¿Pasan todos por el punto donde los rayos uno, dos y tres se juntan?

Dibuja una línea desde este punto, perpendicular al eje de la simetría y marca una cabeza de la flecha en ella en el extremo donde los rayos se juntan.

- Si esta nueva flecha es la imagen proyectada de la flecha original, esta ¿SE REDUCE o SE AGRANDA?
- ¿Está ERGUIDA o INVERTIDA?

Copia y completa la siguiente tabla:

POS	Distancia So Fuente a F	Distancia Si Imagen a F	Naturaleza de la Imagen		Producto So x Si
			Erguida o Invertida	Amplificada o Reducida	
A					
B					
C					
D					

Repite este procedimiento varias veces para distintas posiciones de la flecha original más allá de 2F, en 2F y entre 2F y F.

Comprobar esta fórmula:

Si x So = F² para cualquiera de estas posiciones donde

So es la distancia de la flecha original a F en ese lado de la lente.

Si es la distancia de la posición de la imagen a F en a ese lado de la lente.

F es la distancia focal.

- *¿Qué sucede si la flecha se coloca en F o entre F y la lente?*
- *El producto $S_i \times S_o$, ¿tiene alguna relación con F^2 ?, donde F es la distancia focal*

Experimento 33

Banco Óptico - Rayo Que Remonta Con Un Espejo Parabólico

Utilizando el espejo parabólico y un solo rayo de luz, encuentra el punto de la convergencia para los tres rayos principales que pasan por la punta de una flecha dibujada perpendicular al eje de simetría.

Repite todos los pasos del EXPERIMENTO 32 y copia y completa lo siguiente:

- *El primer rayo principal de un objeto, paralelo al eje de un espejo parabólico, se refleja detrás a través de*
- *El segundo rayo principal de un objeto, que pasa por el punto focal de un espejo parabólico, refleja detrás del espejo al eje.*
- *El tercer rayo principal de un objeto que pasa por el centro de un espejo parabólico, se refleja detrás del espejo de modo que el ángulo de la incidencia es el ángulo de la reflexión*

Experimento 34

Banco Óptico - Espejo Parabólico Esférico Cóncavo

La amplificación de una lente se define como el cociente de la ALTURA DE SU IMAGEN / ALTURA DEL OBJETO .

El cociente es a veces mayor que 1 y a veces menor que 1.

Usando un espejo parabólico cóncavo, determina en cuáles posiciones de la flecha original (es decir, más allá de 2F, en 2F y entre 2F y F) el cociente de la ampliación es mayor que 1, igual a 1 o menor de 1

Otros dos otros cocientes se pueden utilizar para obtener la ampliación.

Para varias observaciones comprobar si:

$$\text{AMPLIFICACIÓN} = \frac{\text{ALTURA DE LA IMAGEN}}{\text{ALTURA DEL OBJETO}}$$

$$\frac{F}{S_o}$$

$$\frac{S_i}{F}$$

Experimento 35

Banco Óptico - Amplificación - Espejo Parabólico Esférico

Configura la caja de luz como una fuente de luz con un patrón asimétrico en él. (Vea el método descrito en la introducción del CAPÍTULO 4).

Pon el borde de un reflector parabólico en el extremo de un trozo largo de cinta de papel fija al banco como eje de simetría.

Marca la posición y su punto focal F del espejo. Si tienes dudas, apunta cuatro haces paralelos al eje de simetría y marca en la cinta el punto en el cual se juntan. Este punto se puede ver en una pantalla de enfoque.

Marca la posición 2F como dos veces la distancia focal del espejo.

Pon la fuente de luz más allá de 2F y un poco hacia un lado de la línea central, en exactamente la misma altura que el centro del espejo desde banco.

Utiliza la pantalla de enfoca para localizar una imagen reflejada fina en alguna parte entre F y 2F, en el lado contrario de la línea central.

En la cinta, marca la posición de la fuente de luz y de su imagen. (Usa letras como AA.)

Mueve la fuente de luz a varias posiciones distintas más cercano a $2F$, en $2F$ y en las posiciones entre $2F$ y el F . En cada posición, registra la posición de la fuente de luz y de la imagen obtenida (usa letras BB, CC, etc.)

Copia la tabla del EXPERIMENTO 32 y complétala con las marcas de la cinta.

Experimento 36

Banco Óptico - Factor de amplificación de un espejo parabólico esférico

Los mismos cocientes matemáticos usados en el EXPERIMENTO 34 para una lente convexa, se utilizan en un espejo parabólico.

De los resultados en la cinta de papel utilizada en el EXPERIMENTO 35, comprueba las siguientes relaciones:

AMPLIFICACIÓN =

ALTURA DE LA IMAGEN. / ALTURA DEL OBJETO

f / S_o

S_i / f

Ampolleta de repuesto:
Utiliza solamente ampolletas de filamento axial, halógena,
2 pines, 12V 30W.

Todas las piezas y componentes de repuesto para la caja de luz y el kit óptico de “Hodson” están disponibles en
INDAGA CIENCIAS.

Esta caja de luz y el kit óptico están con orgullo diseñados y fabricados por:
Industrial Equipment & Control Pty. Ltd. Melbourne. Australia iec@iecpl.com.au

Todos los derechos reservados.
Ninguna parte de esta publicación se puede reproducir en forma completa o parcial, sin el permiso del dueño
del copyright.

INDAGA CIENCIAS
Av. Inés de Suárez 1410, 4810717, Temuco, IX REGIÓN, CHILE

 (569)62091188
 info@indaga.cl
 www.indaga.cl