

Óptica STM

Óptica Geométrica

Manual del profesor

STM-Física
Óptica
Óptica geométrica

Publicado por el personal de redacción de LEYBOLD DIDACTIC
AUTORES: Ch. Giesen y A. Schüller
con la asistencia de redacción de F. Kempas.

Catálogo No. 588 212 - Versión Julio 1998

Estaremos complacidos de responder cualquier pregunta sobre los contenidos de esta publicación.
Por favor escribanos o llámenos: 049-2233-604 214, Fax 049-2233-604 222

Arreglo y producción:
K.R. Fecht, Büro für Text und Grafische Produktion, Bonn

Versión en español:
Marcelo Trujillo
Marcelo@Trujillo.com

Esquemas: O. Niessen
© Leybold Didactic GmbH - Impreso en Alemania



Tabla de contenidos

Instrucciones generales sobre el uso de las carpetas STM	5
Prefacio	6
Acerca de los aparatos.	7
Descripciones de los experimentos	
<i>Experimentos introductorios sobre la luz</i>	
01 Propagación de la luz.	15
02 Sombra	19
03 El estenoscopio	23
04 La luminosidad	27
05 La intensidad luminosa	31
06 Condensor	35
<i>Luz y sombra en la naturaleza</i>	
07 Día y noche	39
08 Las estaciones del año	43
09 Las fases de la luna	47
10 Eclipse lunar y solar	51
<i>Reflexiones en espejos</i>	
11 Reflexión en un espejo plano	55
12 Ubicación de las imágenes en el espejo plano	59
13 Imágenes reflejadas en el espejo plano	61
14 Marcha de rayos para diferentes tipos de espejos	63
15 Propiedades de un espejo cóncavo	67
16 Propiedades de un espejo convexo	71
17 Ley de la distancia focal en un espejo cóncavo	75
18 Imágenes en un espejo cóncavo	79
19 Imágenes en un espejo convexo	83
<i>Refracción de la luz</i>	
20 Refracción luminosa en un cuerpo semicircular I	87
21 Refracción luminosa en un cuerpo semicircular II	91
22 Reflexión total	95
23 Refracción en una placa de caras planas paralelas	99
24 Refracción en medios diferentes en una placa de caras planas paralelas y en una celda rectangular.	103
25 Refracción en medios diferentes para un cuerpo semicircular y una celda semicircular	109
26 Prisma desviador	113
27 Prisma de inversión	117



Óptica ondulatoria Óptica Geométrica

Dispersión y recombinación de colores

28 Dispersión de la luz blanca mediante un prisma	121
29 Recombinación de los colores del espectro mediante una lente	125

Lentes

30 Marcha de los rayos a través de una lente convexa	129
31 Rayos en una lente convexa	133
32 Imágenes de lentes convexas	137
33 Fórmula de formación de imágenes	141
34 Determinación de la distancia focal de una lente convexa mediante la autocomilación	143
35 Marcha de rayos a través de una lente cóncava	145
36 Marcha de los rayos en lentes combinadas	149

Aberraciones de lentes

37 Aberraciones esféricas	153
38 Distorsiones de cojín y de barrilete	157

Combinaciones de lentes

39 Distancias focales de sistemas de lentes	159
---	-----

Instrumentos ópticos para ampliar el campo visual

40 Aumento mediante una lupa	163
41 El microscopio	167
42 Cambio del aumento de un microscopio	169
43 Modelos de telescopios	173
44 Aumento de un telescopio terrestre	175
45 Aumento de un telescopio astronómico	179

Instrumentos ópticos para registrar y reproducir imágenes

46 La cámara fotográfica	181
47 Profundidad de campo de la cámara	183
48 Proyector de diapositivas	187

El ojo

49 El ojo humano	191
50 Defectos de la vista y su corrección	193
51 Ilusiones ópticas	195

Listados de equipos	198
----------------------------------	------------

Resumen de los grupos temáticos de Física STM	
--	--



Instrucciones generales sobre el uso de las carpetas de trabajo STM

La necesidad de una completa revisión de redacción de los catálogos de la serie STM (Módulos de Enseñanza Científica) que describen experimentos para escuelas fue la oportunidad ideal para brindar a estas series una orientación actualizada y práctica:

Las fichas de trabajo de los estudiantes conforman el foco principal de cada carpeta de trabajo. Éstas son series de hojas de referencia, páginas sueltas diseñadas para ser usadas como copias principales capaces de satisfacer la demanda del mundo educacional moderno.

El libro de trabajo asociado del profesor es una réplica exacta de las fichas de trabajo. Además de definir las asignaciones reales, sin embargo, también describe el objeto de cada experimento e incluye indicaciones y consejos especiales sobre cada paso del experimento, así como información adicional, mediciones de muestras calculadas y respuestas a las preguntas que figuran en las fichas de trabajo de los estudiantes.

Como están dispuestos los experimentos:

La estructura de las fichas de trabajo es esencialmente la misma para todos los temas experimentales. La información básica, como la naturaleza de la propia asignación, la lista de los equipos requeridos, los diagramas de armado, etc., siempre aparecen en el mismo lugar y en el mismo orden. Por conveniencia, los experimentos están también divididos en series de pasos numerados consecutivamente. Los diagramas y las ilustraciones también se numeran consecutivamente. Todas las ilustraciones complementarias que aparecen en las notas para los profesores están numeradas de acuerdo al sistema de clasificación decimal.

Símbolos empleados:



Cuidado! Peligro para el experimentador o aparato de ensayo. Seguir rigurosamente las instrucciones de trabajo.



Se remite a otro punto

Acerca de los aparatos:

Para que los estudiantes se familiaricen con los equipos que utilizarán, las fichas de trabajo están precedidas por una sección detallada que describe las diversas piezas de los aparatos.

Además de la lista de aparatos e información de ayuda que aparecen antes de cada experimento (con números de catálogos en el libro de trabajo del profesor), también encontrará al final del libro una lista completa de todos los aparatos usados (a continuación de las hojas de referencia), mostrando todos los aparatos y otros equipos requeridos para el área temática bajo estudio.

Cada carpeta también contiene una lista constantemente actualizada de la colección entera de los catálogos STM.



Prefacio

Esta carpeta anillada contiene las descripciones de los experimentos introductorios sobre óptica como parte de la serie "Science Teaching Modules" (Módulos de Enseñanza Científica) (STM).

Todos los experimentos pueden efectuarse empleando los juegos de equipos BOP (óptica Básica) y OPT1 (Óptica 1) junto con algunos dispositivos adicionales (fuentes de voltaje, materiales de ayuda tales como reglas y protactores, etc.).

Tiempos de los experimentos

Los experimentos han sido diseñados para que todas sus fases – charla preparatoria, distribución de aparatos, montaje, realización del experimento y evaluación de los resultados – puedan completarse generalmente dentro de una clase de dos horas.

También se puede ahorrar tiempo si se omiten algunos pasos de los experimentos o una parte del mismo, así como dividiendo las tareas cuando se realizan extensos registros. De este modo, los experimentos siempre pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada clase individual.

Los objetivos de cada experimento están indicados en la sección del profesor. Éste puede así hacerse una idea del material a utilizar sólo con leer estas secciones con anterioridad al experimento.

Como en la mayoría de los experimentos de óptica, la exposición a la luz solar directa o altos niveles de luz ambiental impedirán la realización de los experimentos y la observación de la marcha de los rayos.

Acerca de los aparatos

Es importante familiarizarse con los aparatos de los equipos para poder usarlos correctamente:

Lámpara óptica halógena 12 V/20 W (459 031)

Máxima tensión de trabajo: 12 V CA/CC



Precaución: esta lámpara se calienta demasiado – peligro de quemaduras!

La varilla del bastidor de la lámpara se inserta en el orificio izquierdo del jinetillo. El anillo de la lámpara (1) puede girar, de modo que su filamento pueda alinearse ya sea vertical u horizontalmente.

El filamento de la lámpara está colocado ligeramente hacia delante; cuando la lámpara se inserta en el orificio izquierdo del jinetillo, el filamento está arriba del orificio derecho, de manera que este orificio (flecha) se utiliza para realizar mediciones.

Para los experimentos que requieren que se mire directamente hacia la lámpara, haga funcionar la lámpara a bajos niveles de voltaje para evitar deslumbramientos. Las lámparas de repuesto están disponibles como Nro. de Cat. 549 01. Cuando se reemplaza la lámpara, tenga cuidado de no tocar la nueva lámpara directamente con sus dedos.

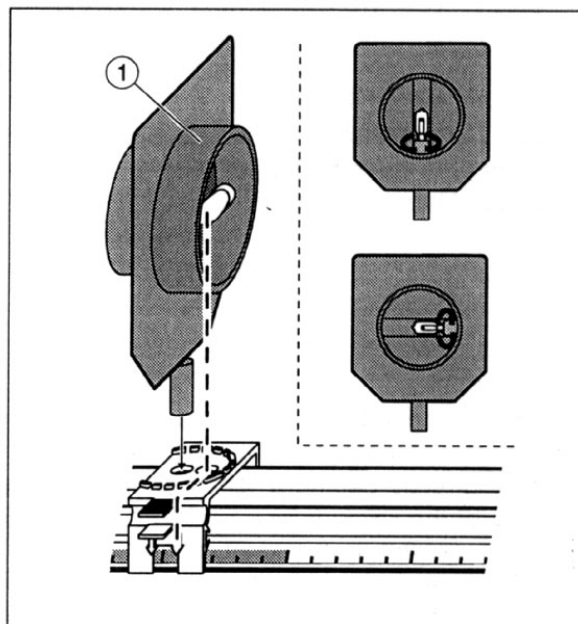


Fig. 1

Banco óptico

(Raíl Metálico de Precisión 460 82)

El banco óptico sirve para montar en éste los jinetillos con pinza, en los cuales se podrán insertar los diferentes elementos ópticos que se requieran para cada uno de los ensayos.

La escala viene subdividida en bloques de 10 cm de largo, divididos alternativamente en rojo y blanco. Cada uno de los bloques está subdividido en secciones de un cm de largo. Los números indicados con respecto al banco óptico en los planos, se refieren a esta escala. Para la mayor parte de los ensayos indicados en este libro bastará medir la distancia de los elementos ópticos en base a esta escala. Si se requieren mediciones muy exactas, se utilizará en cambio, una regla graduada.

Recomendamos que los estudiantes practiquen leyendo distancias con una regla graduada. El uso de la regla graduada evita diferencias en las mediciones cuando se miden las posiciones de los jinetillos individuales y los componentes.

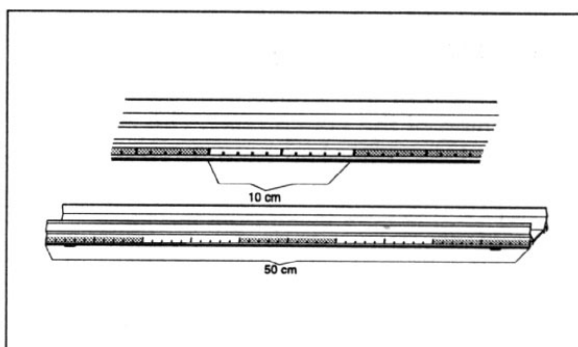


Fig. 2

Jinetillos con pinza (460 95)

Usados para sostener los componentes ópticos individuales (por ej. lentes, soportes para diafragmas, etc). Se coloca el jinete en el banco óptico y se lo fija mediante presión (a). Al presionar juntamente las dos lengüetas, puede ser desplazado fácilmente a lo largo del banco óptico (b) o también puede ser extraído (c). Los componentes ópticos se introducen en la abertura izquierda (2) y se ajustan por medio de la ranura (3), es decir, se alinean. La información en cm de las ilustraciones se refiere a la flecha indicadora izquierda situada en la base del jinete con pinza (4).

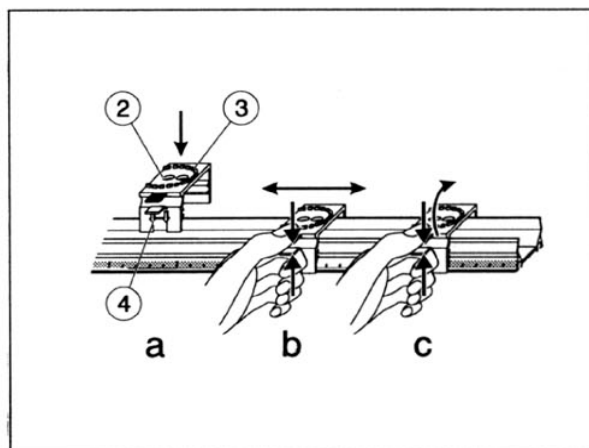


Fig. 3

La abertura derecha del jinete también permite fijar un soporte para diafragmas y diapositivas que se introducirán detrás de la lente sujeta en la abertura izquierda.

Más aún, componentes tales como una pantalla traslúcida y un espejo pueden ajustarse en la abertura izquierda bajo ángulos de 15°, 45° y 75° con respecto al eje óptico.

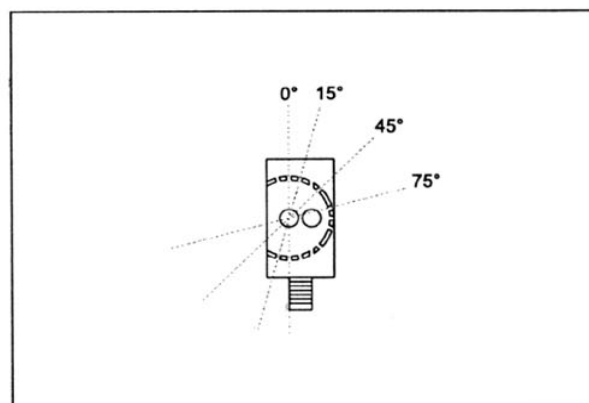


Fig. 4

Lentes

Se introducen las varillas de las lentes en la abertura izquierda del jinete. El punto central de la lente estará de este modo marcado en el raíl por la flecha izquierda. La letra de identificación de la lente, por ejemplo "B", debe estar en el lado opuesto de la lámpara.

Los juegos de equipos BOP y OPT1 contienen las lentes:

- A (459 60), $f = + 5 \text{ cm}$
- B (459 62), $f = + 10 \text{ cm}$
- H (459 64), $f = + 30 \text{ cm}$
- E (459 68), $f = 0 - 10 \text{ cm}$

Las siguientes lentes también están disponibles en forma separada:

- G (459 61), $f = + 7.5 \text{ cm}$
- C (459 63), $f = + 20 \text{ cm}$
- D (459 65), $f = + 50 \text{ cm}$

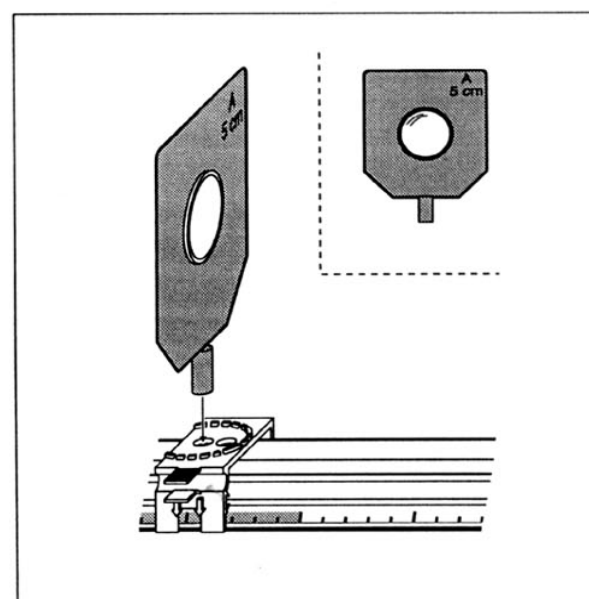


Fig. 5

Notas para el profesor 3

Soporte para diafragmas y diapositivas (459 33)

Se inserta la varilla del soporte para diafragmas y diapositivas en el orificio derecho del jineterillo. La posición del diafragma o de la diapositiva queda de este modo indicada por la flecha derecha. El diafragma (por ej. con 5 ranuras) (6) se inserta bajo la presilla en el lado opuesto a la lámpara. El otro lado aloja a las correderas de diafragma (5) mediante las cuales se podrá cubrir una parte de las aberturas del diafragma.

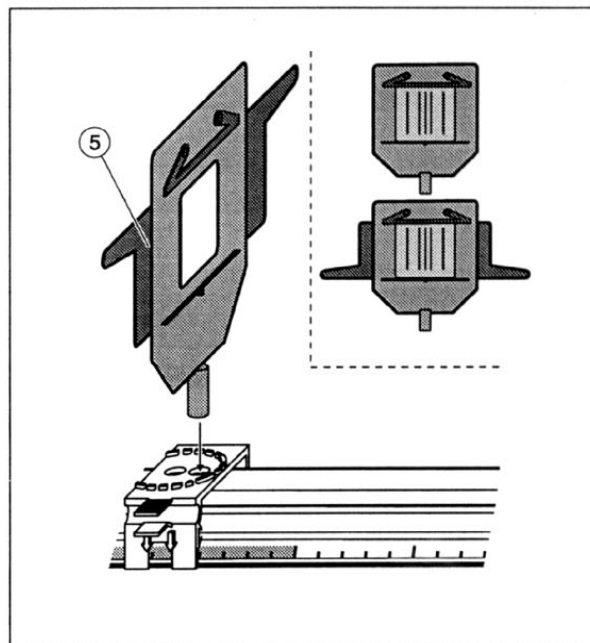


Fig. 6

Diafragmas

Los diafragmas se introducen en el camino óptico con la ayuda del soporte para diafragmas y diapositivas. Tratándose del diafragma de 5 ranuras (6), o bien del diafragma de agujero (7), existe la posibilidad de tapar sucesivamente o ir achicando el o los agujeros mediante las correderas.

El ancho de las ranuras de los diafragmas con ranura es de 1.5 mm. Cada lista de aparatos le indica a usted el diafragma con ranura a utilizar en ese experimento. El esquema de armado sólo muestra el número de ranuras que se necesita. Las demás ranuras se tapan con las correderas de diafragma.

Las aberturas del diafragma con agujero guardan entre sí la relación 1:2:4:16.

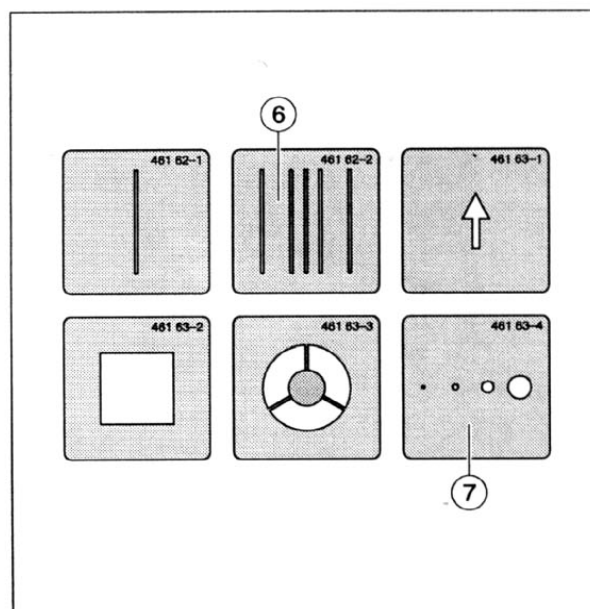


Fig. 7

Filtros

Los filtros se introducen en el camino óptico con la ayuda del soporte para diafragmas y diapositivas. Según se necesite, se podrán insertar por los dos costados del soporte.

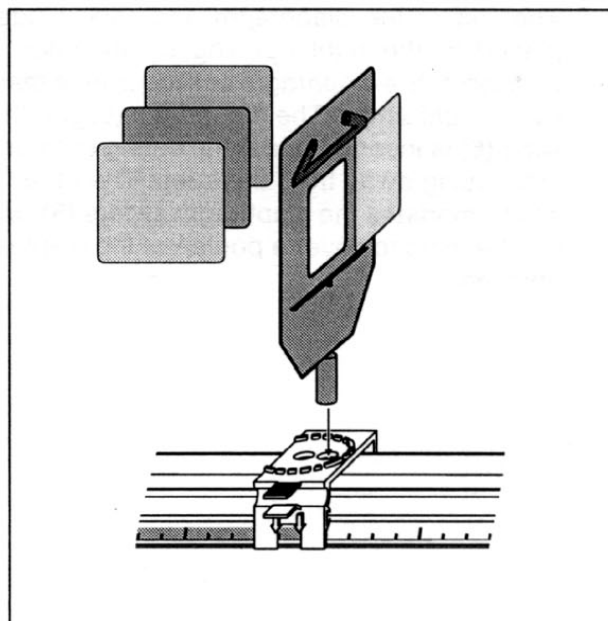


Fig. 8

Objetos imágenes
(juego de dos transparencias 461 66)

Estos objetos imágenes en formato de diapositivas se utilizan para estudiar imágenes y errores en la formación de imágenes. Se colocan en el camino del haz mediante el soporte para diafragmas y diapositivas.

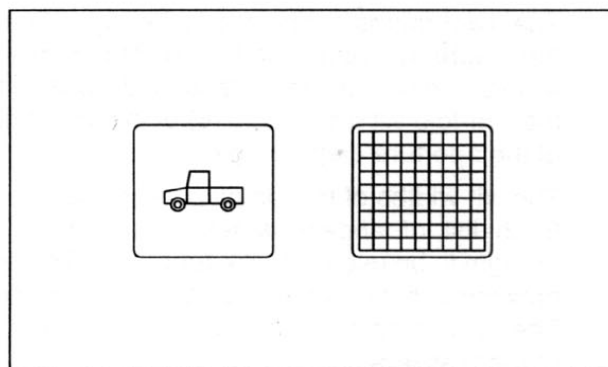


Fig. 9

Juego de 12 transparencias “ilusiones ópticas” (461 68)

Estas transparencias en formato de diapositivas se sitúan en la trayectoria del haz mediante el soporte para diafragmas y diapositivas. Cada diapositiva posee un número consecutivo a continuación del número de catálogo para identificarlo.

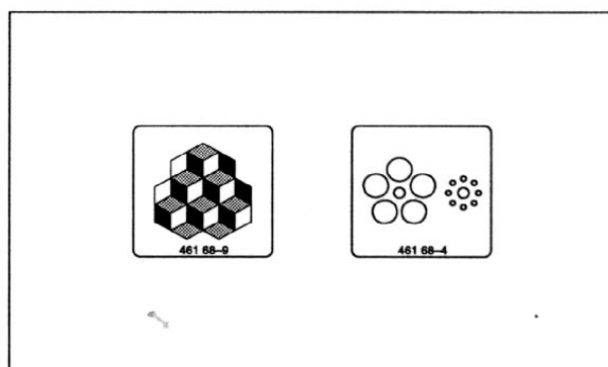


Fig. 10

Componentes ópticos

La pantalla transparente (8), el portaplacas (9), el candelero (10) con varilla de extensión (11) y el espejo convexo-cóncavo (12) se introducen usualmente en el orificio izquierdo del jineterillo con pinza.

El portaplacas puede alojar placas (espejos, cintas de cartulina, etc) de hasta 3 cm de grosor.

No exponga el candelero directamente a las llamas. La cera de la vela caliente es segura.

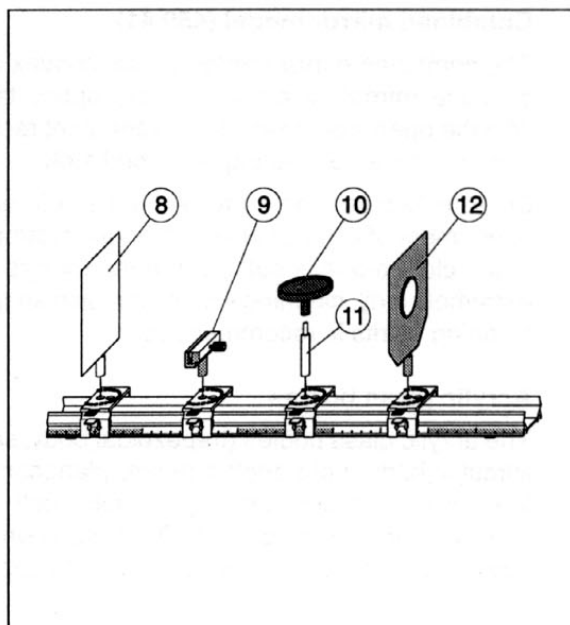


Fig. 11

Cinta métrica (311 78)

La cinta métrica se utiliza para medir con precisión las distancias entre los componentes ópticos individuales (Fig. 12). Para medir las distancias entre los componentes ópticos montados en los jinetillos se tomará la distancia entre los puntos que indican las flechas correspondientes en las bases de los jinetillos.

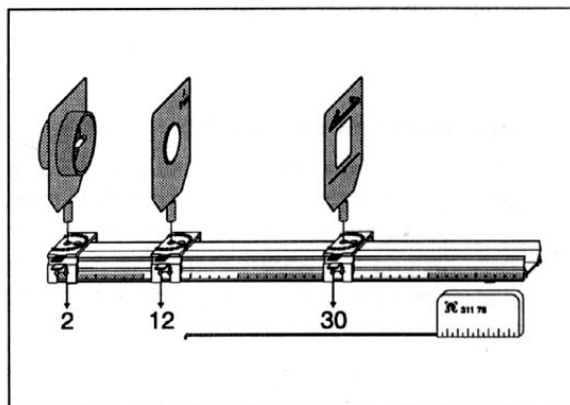


Fig. 12

Mesa óptica (459 15)

Cuando la mesa óptica (14) está colocada en posición horizontal sirve para registrar la marcha de los rayos.

Se colocará siempre de una manera tal que el lado mas bajo señale hacia la lámpara y se encuentre a unos 5 cm de distancia del diafragma. En posición vertical (13) puede ser utilizada como pantalla para la proyección. En ambos casos se emplea una hoja de papel blanco en la cual se pueden dibujar los caminos ópticos o las ilustraciones. Empleándose como pantalla para proyecciones, se doblará el papel por su lado corto en una anchura de un centímetro, y se colgará este en la mesa puesta en posición vertical. Si se quiere que la mesa óptica ocupe un determinado lugar sobre el banco óptico, el valor correspondiente viene indicado como en la figura 13.

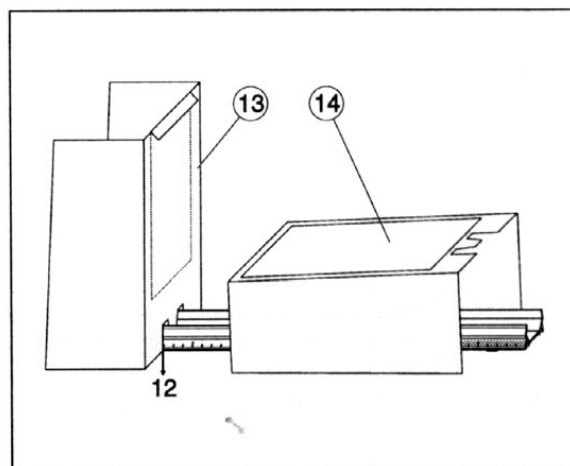


Fig. 13

Modelo de espejos combinados (459 41)

El modelo de espejos combinados (espejo plano, cóncavo y convexo) se coloca con el lado abierto hacia abajo sobre la mesa óptica. Los resultados del experimento se podrán marcar inmediatamente en el papel.

Nunca olvide limpiar las huellas dactilares u otra suciedad de los lados del espejo usados en cada experimento. Normalmente basta un paño suave para limpiar esto. Si los espejos están muy sucios, se recomienda limpiarlos con agua, jabón para vajilla o alcoholes limpiadores.

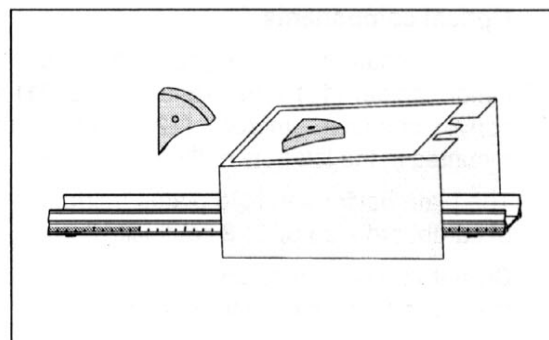


Fig. 14

Cuerpos acrílicos

Los cuerpos acrílicos (cuerpo trapezoidal, cuerpo semicilíndrico, prisma de ángulo recto, lente plano convexo, lente plano cóncavo, celda rectangular y semicircular) se colocan en el papel sobre la mesa óptica. De esta manera se podrán registrar inmediatamente los resultados de los experimentos.

Los cuerpos se pondrán en el papel con su lado mate hacia abajo, a fin de que se pueda percibir bien el camino óptico dentro del cuerpo.

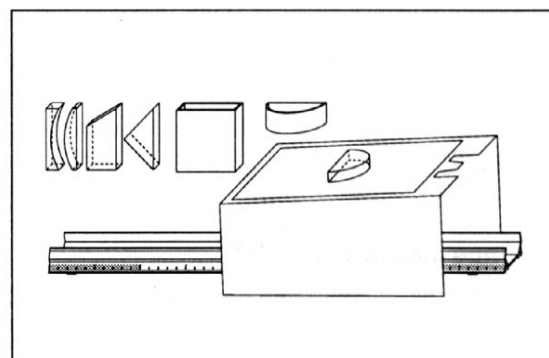


Fig. 15

Modelo Tierra-Luna (459 39)

El modelo tierra-luna esta compuesto por un pequeño globo terráqueo, alojado en forma giratoria. Sobre un alambre acodado se encuentra el modelo de la luna, la que puede girar en torno a la tierra. El Modelo Tierra-Luna se introduce igualmente en el jinetillo con pinza (orificio derecho o izquierdo).

Este modelo no tiene una escala verdadera. La distancia y los tamaños han sido adaptados a las condiciones de los experimentos a realizar en las escuelas, es decir al rail de 50 cm (ver tabla comparativa). Los experimentos deben realizarse en un cuarto oscuro.

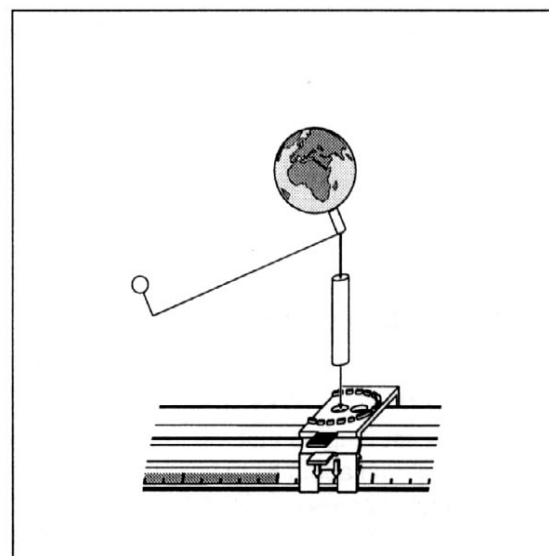


Fig. 16

	Diámetro de la tierra	Inclinación del eje terrestre	Diámetro de la luna	Distancia media
Valor real	12.735 km*	23°27'	3.477 km	384.000 km
Modelo tierra-luna	4,2 cm	20°	1 cm	10 cm
Modelo a escala	4,2 cm	29° 27'	1,1 cm	127 cm

* Valor medio del diámetro en el ecuador (12.758,8 km) y diámetro polar (12.713,8 km)

Instalación para el experimento (dibujo en perspectiva 1)

La Fig. 17 muestra la disposición para el experimento tal como es su aspecto verdadero, y en que sitio deberán encontrarse. Preparar todos los componentes antes de comenzar con el experimento, y ensamblarlos de acuerdo con la ilustración. Cuide que la flecha izquierda de los jinetillos se encuentre en cada caso por encima de las marcas indicadas.

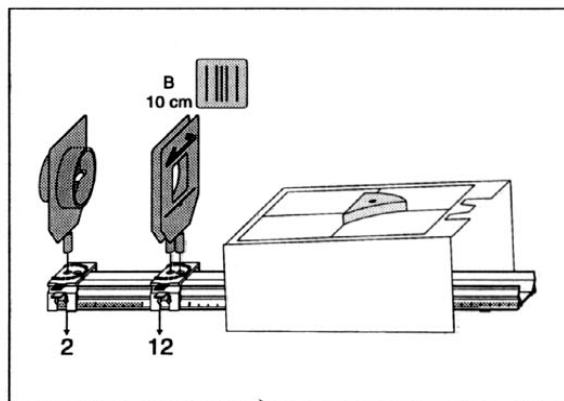


Fig. 17

Instalación para el experimento (dibujo esquemático 2)

La Fig. 18 muestra la misma disposición para el experimento en forma simplificada (esquemática), en vista superior. Esta manera de representación facilita dar instrucciones para modificar la disposición para el experimento y permite representar el camino óptico dibujando los rayos de luz.

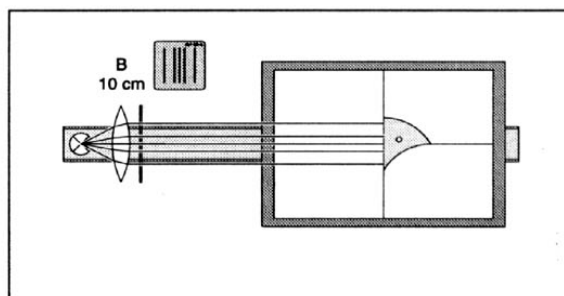


Fig. 18

Instalación para el experimento (dibujo en perspectiva 2)

Disposición del experimento modificada en perspectiva (Fig. 19).

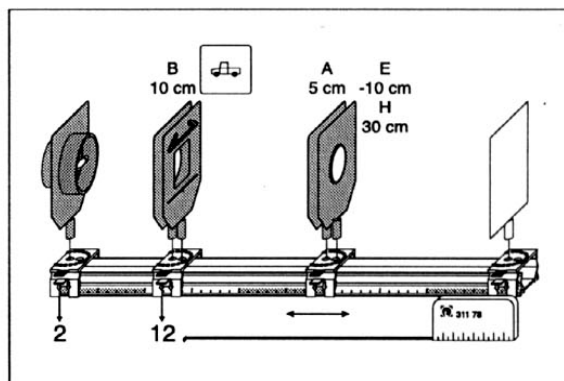


Fig. 19

Instalación para el experimento (dibujo esquemático 2)

La Fig. 20 muestra la misma disposición para el experimento en forma simplificada (esquemática), vista superior.

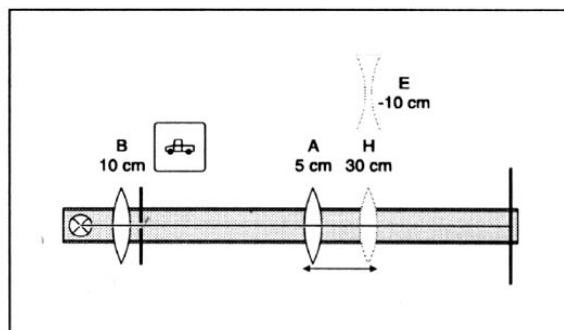


Fig. 20

Propagación de la luz

Ejercicio: ¿Como se propaga la luz?

Objetivo del Experimento • *Comprender que la luz se propaga en forma rectilínea y en todas direcciones.*

Aparatos	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Candelero	459 31
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Mesa de óptica	459 15
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras	de 461 62
	Se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	ej. 562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Vela	
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Parte 1 del experimento

Montaje:

- 1.1 Monte los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1
- 1.2 Coloque la vela en el candelero. Para hacer esto, haga gotear un poco de cera de la vela en el candelero y haga un poco de presión hacia abajo con la vela.



Precaución: tenga cuidado al trabajar con fuego de llama abierta

NB:

No instale el experimento en un lugar expuesto a la luz solar directa.

También es buena idea oscurecer la sala para la parte 1 del experimento

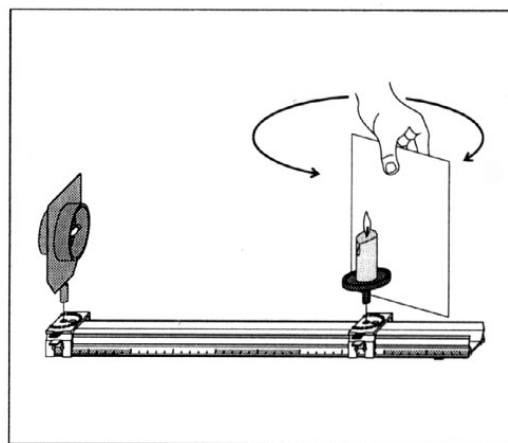


Fig. 1

Realización del experimento:

- 1.3 Prenda la vela y lleve el papel en torno a la vela; manténgala a aproximadamente 10 cm (Fig. 1).
-  1.4 Tenga cuidado al trabajar cerca de la vela encendida.
- 1.4 ¿En que lugar del papel cae la luz de la vela? Escriba sus observaciones en ► 1.7.
- 1.5 Apague la vela cuidadosamente. Cuide que no se desparrame la cera.



Óptica
Óptica Geométrica

5.2.1.1

Notas para el profesor 2

- 1.6 Conecte la lámpara óptica de halógeno a una tensión eléctrica de 12 V. Llevar el papel en torno a la lámpara a una distancia de 10 cm. Observe en que lado de la lámpara se ilumina el papel y escriba su observación en ► 1.8.

Observaciones y mediciones:

- 1.7 La vela ilumina (da luz) en todas direcciones.
- 1.8 La lámpara ilumina (da luz) sólo enfrente suya.

Evaluación:

- 1.9 Explique las razones de la diferencia entre las dos observaciones:

La luz se propaga en todas direcciones

Sin embargo, puede delimitarse mediante diafragmas y pantallas,

por ej. el anillo de la lámpara óptica de halógeno

- 1.10 ¿Cómo se puede lograr que la luz de la vela ilumine solamente en una dirección

Podemos colocar la mesa óptica por detrás,

enfrente o al lado de la vela.

De este modo la mesa interceptará la luz en tres lados.

2 Parte 2 del experimento

Montaje:

- 2.1 Instale los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 2
- 2.2 Cubra las dos ranuras exteriores del diafragma de 5 ranuras con las correderas de diafragma

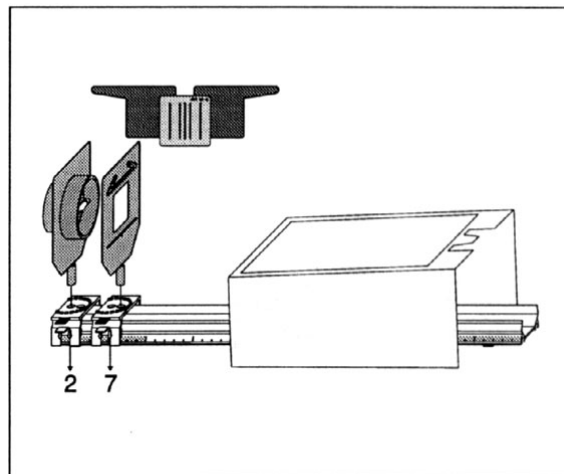


Fig. 2

Realización del experimento:

- 2.3 Coloque el papel en la mesa óptica y montar el soporte para diafragmas y diapositivas en el jinetillo con pinza.
- 2.4 Sitúe la mesa óptica lo más cerca posible del soporte para diafragmas y diapositivas.
- 2.5 Utilice una regla para trazar en una hoja de papel la trayectoria de la luz.
- 2.6 Desconecte la lámpara del transformador.

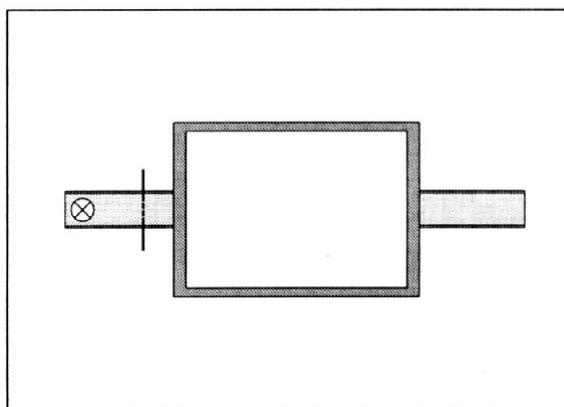


Fig. 3

Evaluación:

- 2.7 ¿Cuál es el recorrido de la luz en el papel?
La luz viaja en línea recta, y las ondas luminosas divergen.
- 2.8 Resumir como se propaga la luz:
La luz se propaga en línea recta hacia todas las direcciones, si no es limitada por diafragmas o pantallas.
- 2.9 ¿Que nombre se le da a los haces finos de luz?
"Rayos luminosos"

Sombra

Ejercicio: Observar la sombra que se forma detrás de un objeto opaco.

Objetivos del experimento:

- Observar como se forma la sombra
- Aprender y comprender los conceptos de “sombra de penumbra” y “sombra propia”

Aparatos:

1 Rail metálico de precisión	460 82
2 Jinetillos con pinza	460 95
1 Candelero	459 31
1 Portaplacas con mango	459 30
1 Mesa óptica	459 15

se requiere adicionalmente:

- 2 Velas
- 1 Hoja de papel blanco, A5
- 1 Tira de cartulina (1.5 cm x 15 cm)
- Fósforos

Instalación:

1. Corte una tira de cartulina de tamaño 1.5 cm x 15 cm y sujétela al portaplacas
2. Coloque las velas de manera que estén opuestas en el borde del candelero (► Fig. 1).

Para esto, derrame un poco de cera de la vela en el candelero y haga presión hacia abajo con la vela. Apague luego la vela.

NB: Las velas y las mechas de las velas deben ser del mismo tamaño.

3. Monte los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1. Coloque la pantalla en la posición 35.
4. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 2 y doble hacia atrás una franja de 1 cm. Colgar el papel de la mesa óptica.

NB:

Realice el experimento en un cuarto oscuro. Asegúrese de que a cada lugar de trabajo no le llegue luz de velas de otros sitios de trabajo.

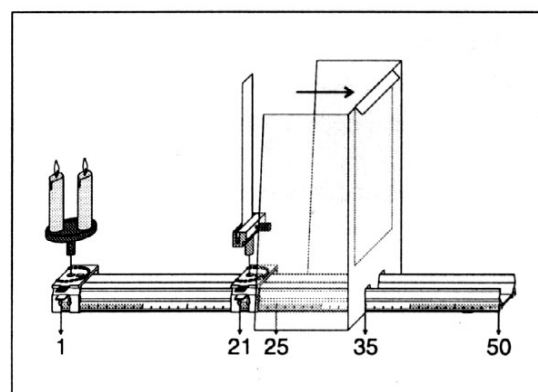


Fig. 1

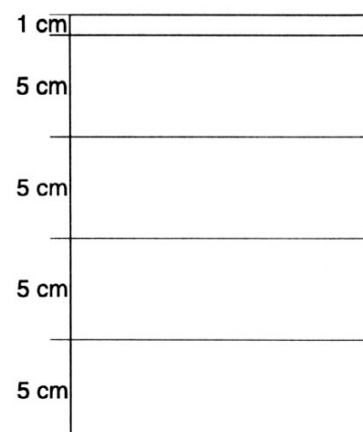


Fig. 2

Parte 1 del experimento

5. Gire el candelero de tal manera que las velas se encuentren alineadas una detrás de la otra (► Fig. 3). Encienda una sola vela.
6. Dibujar el contorno de la sombra en la porción superior

Parte 2 del experimento

7. Desplazar la pantalla hacia la posición de 50 cm.
8. Dibujar el contorno de la sombra en la segunda porción y compare las dos sombras (tamaño y nitidez del contorno).

Parte 3 del experimento

9. Gire el candelero 90° de manera tal que las velas se encuentren una al lado de la otra (► Fig. 4).
10. Ahora encienda también la segunda vela.
11. Dibuje el contorno de la sombra en la tercera sección.

Parte 4 del experimento

12. Desplace la pantalla a la posición de 25 cm.
13. Dibuje el contorno de la sombra en la cuarta porción.
14. Apague la vela con cuidado.



¡Cuidado: cera caliente!

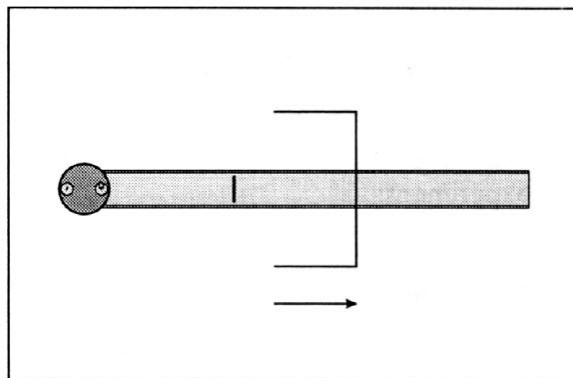


Fig. 3

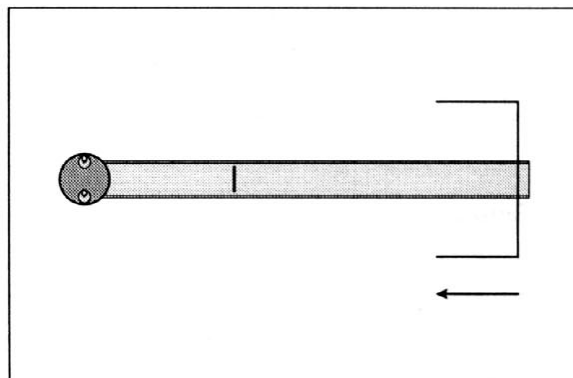


Fig. 4

Observaciones y mediciones:

15. Retire la hoja de papel de la mesa óptica y rellene con colores claros u oscuros las zonas de sombra, como crea conveniente.

La hoja de apuntes del alumno debe tener mas o menos la presentación de la Fig. 2.1. Las distancias de los bordes de la sombra dentro de un campo no es de importancia en tal caso, ya que cuando la vela titila pueden producirse contornos que no sean nítidos. Lo importante es que en el campo 1 la sombra sea considerablemente mas ancha que la del campo 2, y que en el campo 3 las dos sombras se encuentren separadas

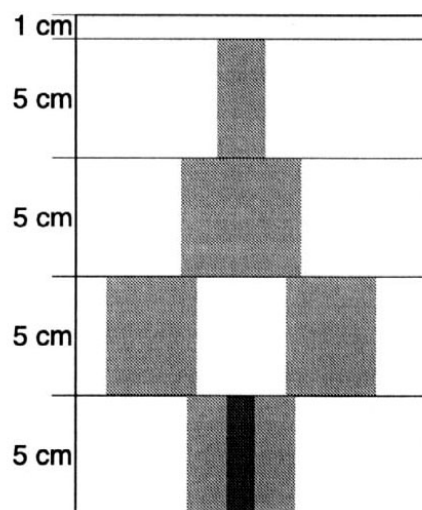


Fig. 2.1

Notas para el profesor 3

Evaluación:

16. ¿Cómo se produce una sombra?

La sombra se produce detrás de un objeto porque la luz no puede atravesarlo.

17. ¿De que depende el tamaño de una sombra? (parte 2 del experimento).

El tamaño de la sombra depende de la distancia entre el objeto y la pantalla

La sombra se agranda, pero también se vuelve mas borrosa,

cuando se aumenta la distancia entre la sombra y la pantalla

NB:

Puede mostrarse como la sombra depende de la distancia entre la fuente luminosa y el objeto en otro experimento.

18. Describa la sombra de un objeto iluminado por dos fuentes de luz independientes.

Si un objeto opaco es iluminado por dos fuentes luminosas,

entonces arrojará también dos sombras.

Las sombras pueden estar superpuestas o producirse por separado.

NB:

Se puede extender esta conclusión a más de dos fuentes luminosas. Una fuente luminosa extensa puede considerarse compuesta por muchas fuentes luminosas individuales.

19. Si dos sombras se superponen, las zonas de sombra mas claras se denominan "penumbra", mientras que la zona mas oscura se llama "sombra propia" o "sombra profunda". Escribir el nombre de las zonas de sombra en la Fig. 5.

NB:

Las partes 3 y 4 del experimento también pueden efectuarse con la lámpara triple (Nº 459 045) del juego de equipos OPT2 para Cromática. En este caso, una de las lámparas incandescentes se apaga, de modo que quede una fuente luminosa doble.

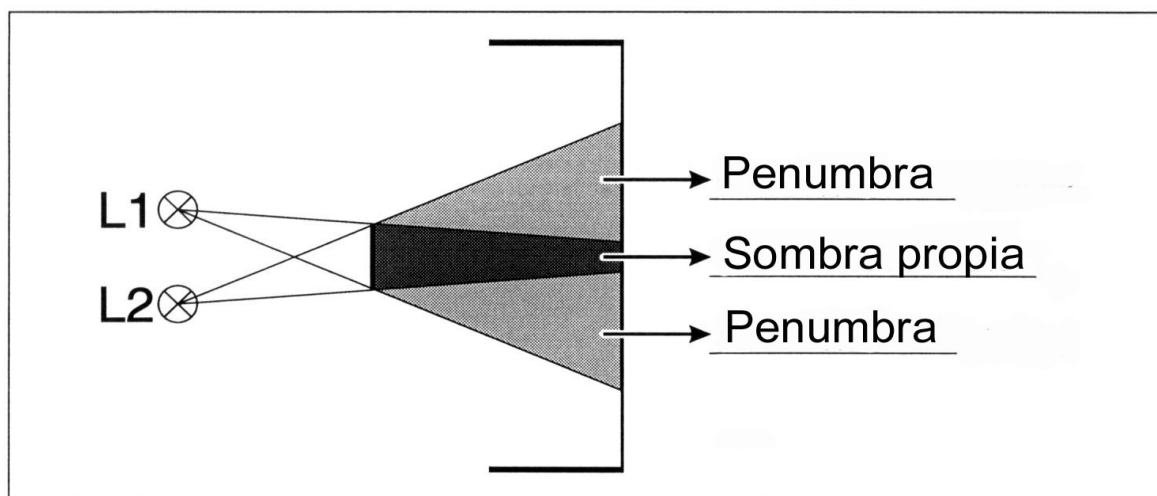


Fig. 5

Notas para el profesor 1

El estenoscopio

Ejercicio: Estudiar las imágenes mediante un estenoscopio

Objetivos del experimento

- Entender como se forma una imagen en un estenoscopio
- Comprender como el brillo y la nitidez de la imagen dependen del diámetro de la abertura
- Comprender la relación entre el brillo y nitidez de la imagen con la distancia a la imagen.

Aparatos:

1 Rail metálico de precisión	460 82
3 Jinetillos con pinza	460 95
1 Candelero	459 31
1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
1 Diafragma de 4 orificios de	461 63
1 Pantalla transparente sobre mango	459 24
se requiere adicionalmente:	
1 Vela	
Fósforos	

Montaje:

1. Monte los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1

NB:

Derrame algo de cera de la vela en el candelero para fijar la vela. Apague la vela luego.

La vela debe estar a una altura de entre 3 y 4 cm aprox., para que la llama esté al mismo nivel que la abertura del diafragma.

2. Ponga en el centro el agujero mas grande del diafragma, tapar los demás agujeros con las correderas.
3. Coloque el riel en la mesa de forma tal que se pueda mirar a través de la pantalla transparente en dirección hacia la vela

NB:

Realice los experimentos en un cuarto a oscuras. Proteja el lugar de trabajo de corrientes de aire para que la llama de la vela no titile.

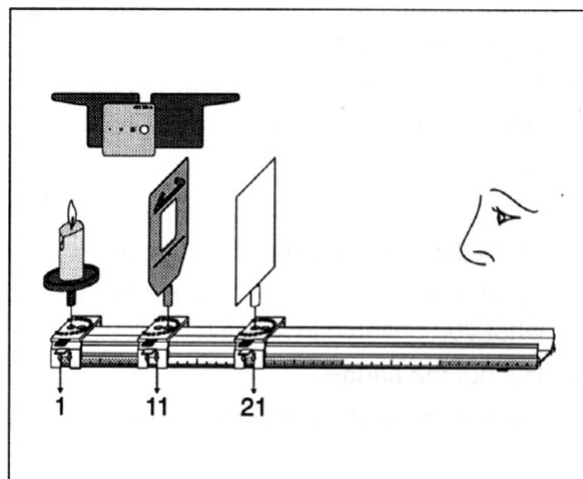


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

5. Prenda la vela
6. Observe la imagen de la llama en la pantalla.
Compare la posición de la llama con la posición de la imagen.

Escriba lo observado en ► 14.

Parte 2 del experimento

7. Levantar el banco óptico, girarlo levemente hacia la derecha o hacia la izquierda y observar la imagen de la llama de la vela en la pantalla transparente.

¿Cómo se mueve la imagen de la llama en la pantalla?

Apunte lo observado en ► 15.



Tenga cuidado cuando trabaja con fuego al descubierto!. Mantenga la llama lejos del pelo y de la ropa! No realice movimientos apresurados, para no desparramar la cera.

Parte 3 del experimento

8. Deslizar el segundo orificio del diafragma hasta el centro y compare el brillo, la nitidez y el tamaño de la imagen con la imagen anterior.
9. Repita el paso 8 con el tercer y cuarto orificio del diafragma. Escriba lo observado en ► 16.

Parte 4 del experimento

10. Coloque nuevamente el orificio más grande del diafragma en el centro. Marcar el tamaño de la imagen haciendo 2 trazos con lápiz en la pantalla.

NB:

Si es necesario, pegue una hoja blanca de papel con cinta adhesiva en la pantalla y marque en ella.

11. Desplace la pantalla a la posición de 50 cm. Precaución: sujete fuertemente el banco óptico.
12. ¿Qué se puede decir acerca del brillo y del tamaño de la imagen comparado con el paso 10? Escriba lo observado en ► 17.
13. Apague la vela.



Precaución: Cuide de no desparramar la cera caliente.

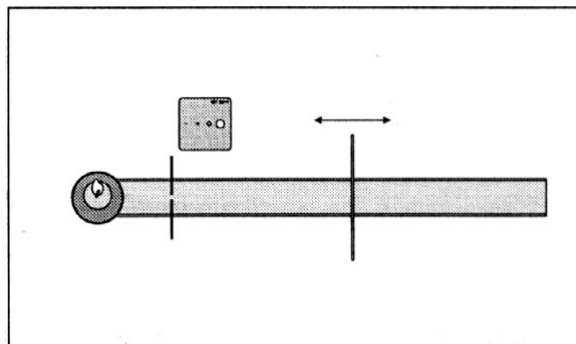


Fig. 2



Observaciones y mediciones:

14. La imagen de la llama está invertida.
15. Cuando gira el banco óptico hacia la derecha, la corriente de aire lleva la llama de la vela en la dirección opuesta (hacia la izquierda); cuando gira el banco óptico hacia la izquierda, la corriente de aire lleva la llama de la vela hacia la derecha. ¿Qué le sucede a la imagen de la llama de vela cuando
- a) gira el banco óptico hacia la izquierda?
La imagen de la cámara se mueve hacia la derecha.
- b) gira el banco óptico hacia la izquierda?
La imagen de la cámara se mueve hacia la izquierda.
16. ¿Qué se puede decir sobre
- a) el brillo? Cuanto mas pequeña sea la abertura del diafragma, tanto mas oscura será la imagen.
- b) la nitidez? Cuanto mas pequeña sea la abertura del diafragma, tanto mas nítida será la imagen.
- c) el tamaño de la imagen? Un cambio en el tamaño de la abertura del diafragma no cambiará el tamaño de la imagen.

NB:

La imagen de la llama aparenta ser mas grande con aberturas mas grandes, ya que la imagen esta borrosa y el contorno es confuso.

17. Complete esta oración: cuanto mayor sea la distancia entre el diafragma iris y la pantalla, mayor y mas oscura será la imagen.

Evaluación:

18. ¿Qué se puede decir sobre la orientación de la imagen en un “estenoscopio”?

La imagen de un estenoscopio está al revés y tiene los lados invertidos.

19. ¿Cuál es la relación entre la nitidez de la imagen y el diámetro del orificio?

Cuanto más pequeño sea el orificio, más nítida será la imagen.

20. ¿Cuál es la relación entre el brillo de la imagen y el diámetro del orificio?

Cuanto más grande sea el orificio, más clara será la imagen.

21. ¿Cuál es la relación entre el brillo de la imagen y la distancia de la imagen?

Cuanto mayor sea la distancia, más oscura será la imagen.

22. ¿Cuál es la relación entre el tamaño de la imagen y la distancia de la imagen?

La imagen se hará más grande si se aumenta la distancia.

23. Complete el esquema de la Fig. 3. Dibuje las flechas de la imagen para las diferentes posiciones de la pantalla transparente. Utilice colores claros y oscuros para mostrar el brillo de la imagen, por ejemplo:

Claro – amarillo

Menos claro – naranja

Oscuro – rojo

NB:

Las imágenes de este tipo producidas con el estenoscopio también pueden observarse en la naturaleza. A menudo podemos ver imágenes circulares del sol en la sombra del suelo de un bosque. Los numerosos y diminutos agujeros de luz en las copas de los árboles hacen las veces de la abertura de la cámara.

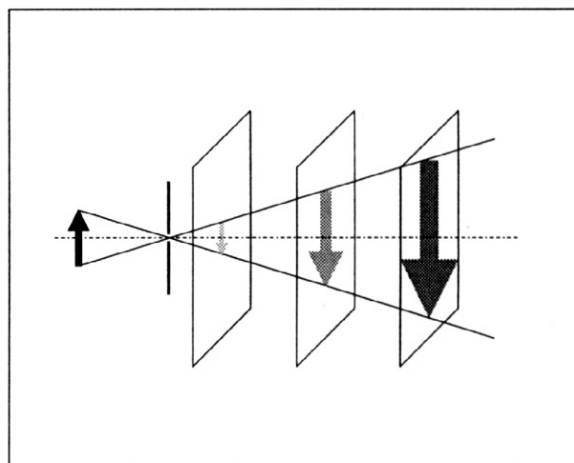


Fig. 3

La luminosidad

Ejercicio: Investigar la cantidad de luz de una superficie iluminada cuando se aumenta la distancia a la fuente luminosa

Objetivos del experimento • Comprender como la luminosidad E depende de la distancia r , y expresar la ley de la inversa de los cuadrados de la distancia

Aparatos:	1 Rail metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma cuadrado de	461 63
	1 Mesa óptica	459 15
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A ej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

1. Instale los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1
2. Coloque la lámpara óptica de halógeno en la abertura izquierda del jinetillo. Utilice la flecha derecha y el orificio derecho para medir distancias.
Se debe hacer esto ya que la lámpara de halógeno está colocada a aprox. 1 cm enfrente del anillo de la lámpara, y está entonces nivelada con el segundo orificio del jinetillo.

3. Coloque la mesa óptica en la posición de 22 cm. Doble 1 cm el lado más corto del papel y cuelgue el mismo en la mesa óptica para formar una pantalla.

NB:

No doble más de 1 cm, ya que sino el papel será demasiado corto. Realice el experimento en un cuarto a oscuras.

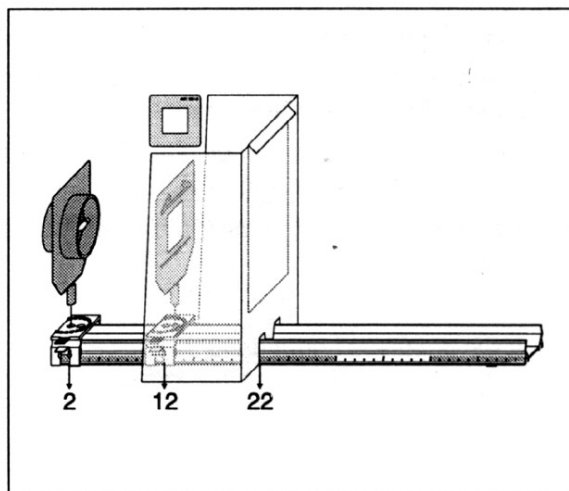


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Desplace lentamente la pantalla alejándola de la lámpara. ¿Qué se puede decir sobre el brillo de la superficie iluminada? Escriba lo observado en ► 14.

Parte 2 del experimento

5. Poner nuevamente la pantalla en la posición inicial (22 cm)
6. El filamento se encuentra en posición vertical (). ¿Qué bordes de la superficie iluminada son nítidos? Escriba lo observado en ► 15.
7. Gire la lámpara 90° (). ¿Qué bordes de la superficie iluminada son nítidos?. Escriba lo observado en ► 15.

NB:

Podemos pensar a la fuente luminosa con la forma de un punto y en una única dimensión. Esta es la razón por la cual necesitamos llevar a cabo el experimento tanto en dimensión horizontal como vertical.

Parte 3 del experimento

Para la evaluación de la imagen solo podremos seguir trabajando con el contorno nítido de la imagen.

8. Marcar en el papel los bordes nítidos utilizando un lápiz largo y de punta fina (Fig. 3.1).
9. Gire la lámpara 90° y marque los otros dos bordes (Fig. 3.2).

NB:

Si la imagen es suficientemente clara, puede girar la mesa óptica de manera que la superficie exterior dé hacia la lámpara. Luego cuelgue la hoja de papel afuera de la mesa óptica (el lado enfrente a la lámpara); esto facilita el marcar los bordes. Un segundo alumno deberá sujetar la mesa óptica para que no se mueva.

10. Poner la pantalla (mesa óptica) en la posición de 32 cm y luego en 42 cm. Repita los pasos 8 y 9 para cada posición.
11. Desconecte la lámpara del transformador y coloque la hoja de papel en la mesa de trabajo o en el banco de laboratorio.
12. Completar las marcas obtenidas en los pasos 8 a 10, de modo que se obtengan cuadrados completos y cerrados.
13. Mida las longitudes de lado "a" y "b" de las superficies iluminadas y escriba los valores en ► 16.

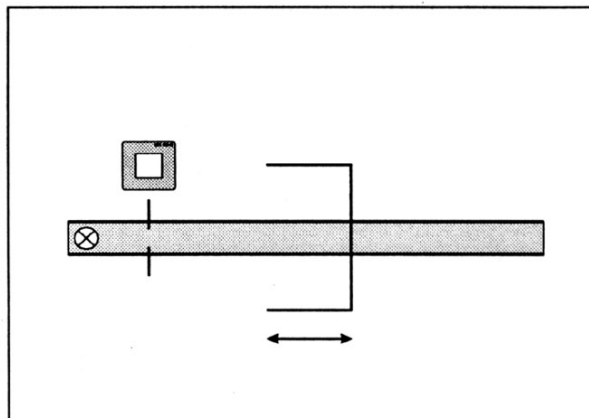


Fig. 2

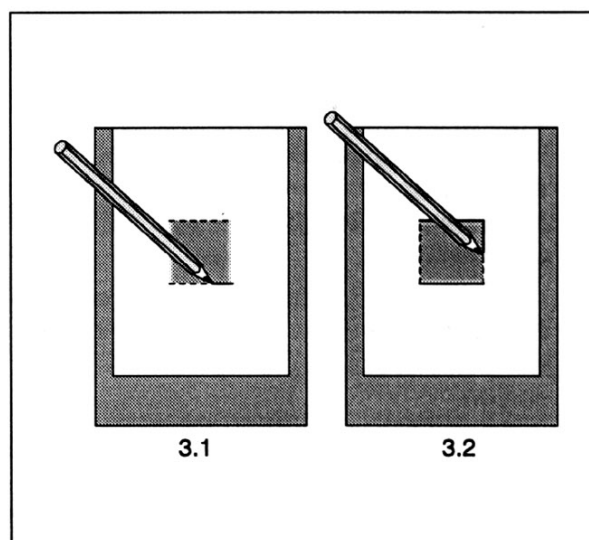


Fig. 3.1

Fig. 3.2

Observaciones y mediciones:

14. El brillo de la superficie iluminada disminuye cuando la distancia a la fuente luminosa aumenta

15.

Orientación de la lámpara	bordes nítidos de la imagen se producen
	<u>a la izquierda y a la derecha</u>
	<u>parte superior e inferior</u>

16.

Distancia r lámpara – imagen	$\frac{a}{\text{cm}}$	$\frac{b}{\text{cm}}$	$\frac{A}{\text{cm}^2}$
10 (diafragma)	2.0	2.0	4.0
20	4.1	4.1	16.8
30	6.3	6.3	39.7
40	8.4	8.4	70.6

NB:

Las diferencias de hasta aprox. 5% son aceptables para el experimento, ya que la imagen se vuelve menos iluminada y menos nítida cuando se aumenta la distancia.

Evaluación:

17. Calcule el área A de los cuadrados de la imagen. Escriba los valores en ► 16.

La intensidad luminosa, o luminosidad E nos dice cuanta luz cae en una superficie. La luminosidad disminuye cuando la distancia entre la superficie iluminada y la fuente luminosa aumenta.

18. La luz procedente de la fuente luminosa que atraviesa el diafragma se distribuye

A distancia doble del diafragma en cuatro veces la superficie,

A distancia triple en nueve veces la superficie y

A distancia cuádruple en dieciséis veces la superficie.

19. La luminosidad E existente en una superficie depende obviamente de la intensidad luminosa I de la fuente luminosa. Es directamente proporcional a la misma. La luminosidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia r^2 entre la superficie iluminada y la fuente luminosa. Resuma estos enunciados en una fórmula:

$$E \propto \frac{I}{r^2}$$

NB:

Cuando E se define correspondientemente, la proporcionalidad se transforma en una igualdad para la luminosidad:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

La intensidad luminosa

Ejercicio: Estudiar el brillo de diferentes fuentes luminosas.

Objetivos del experimento

- Construir un “fotómetro”.
- Comparación cualitativa de diferentes fuentes luminosas utilizando el fotómetro.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	2 Candeleros	459 31
	1 Portaplasas con mango	459 30
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	ej. 562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	2 Velas	
	3 Hojas de papel blanco (9 cm x 11 cm)	
	1 Tijera	
	Cinta adhesiva	
	Fósforos	

Montaje:

1. Haga en una hoja de papel un agujero en forma de estrella y coloque esta hoja entre las otras dos.
2. Pegue las hojas entre sí con cinta adhesiva y sujételas en el Portaplasas.

Esta pantalla será el fotómetro para estudiar el brillo (intensidad luminosa) de las fuentes luminosas.

NB: Este experimento utiliza el mismo principio que el fotómetro de mancha de aceite. El método usado aquí evita la suciedad que provocaría la grasa o el aceite. De la misma manera que con un fotómetro de mancha de aceite, esta disposición nos permite comparar solamente las fuentes luminosas que poseen espectros (colores) que son lo suficientemente similares entre sí. La hoja debe encontrarse en el portaplasas lo más vertical posible.

Se pueden adherir los lados para aumentar la rigidez. Para enfocar más fácilmente la estrella, puede ser útil engrapar las hojas cerca de la estrella.

3. Instale los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. La lámpara de halógeno debe estar desconectada al principio y sólo debe montarse al final.

4. Fije las velas a los candeleros.

NB: Las velas y las mechas deben tener aproximadamente el mismo tamaño. Largo de la mecha, aprox. 5 mm – 7 mm.

Realice el experimento en un cuarto a oscuras. Preste atención a que el lugar de trabajo no se encuentre bajo la influencia de la luz procedente de otros lugares.

Es condición para la evaluación de este experimento que los estudiantes tengan conocimiento de la expresión “cuadrado de un número”, y que sepan manejar proporciones.

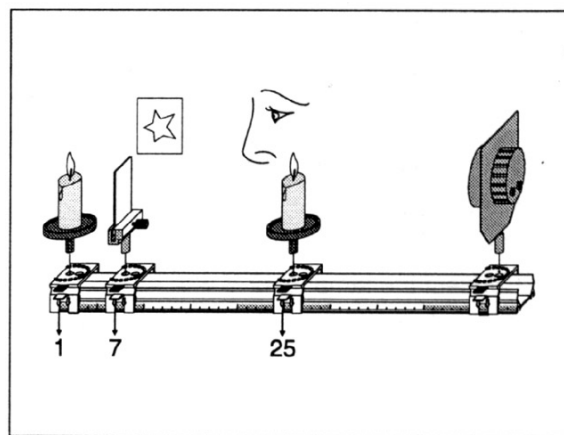


Fig. 1

Realización del experimento:

6. Encender las dos velas. Mire a lo largo de la vela (2), a través del fotómetro, en dirección de la vela (1). (► Fig. 1/ Fig. 2)

NB:

Proteja el sitio de trabajo de corrientes de aire con el fin de que las llamas de las velas no titilen.

7. ¿Qué se observa en la pantalla? Escriba lo observado en ► 15.

8. Desplace la vela (2) en dirección hacia el fotómetro, hasta que desaparezca la mancha de luz. Controlar si la mancha de luz ha desaparecido también si se mira a la pantalla desde el otro lado.

NB:

Mueva el jinetillo mas allá de este punto varias veces hasta obtener un resultado satisfactorio.

9. Mida las distancias entre la vela (1) y F, así como entre F y la vela (2); se podría verificar esta medición con una cinta métrica. Escriba lo observado en ► 16.

10. Apague la vela (2) y retírela del banco óptico junto con el jinetillo.



Cuidado: cera líquida – Manejar con cuidado!

11. Conectar la lámpara L al transformador de 6 V (Coloque la lámpara en este experimento en el orificio derecho del jinetillo y mida desde la flecha izquierda; la lámpara en su cuerpo tubular esta nivelada con el otro orificio.)
12. Repita los pasos 8 y 9 utilizando la lámpara en lugar de la vela (2) (► Fig. 3).
13. Conecte la lámpara a 12 V y repita el paso 12.
14. Desconecte la lámpara del transformador y apague la vela (1).

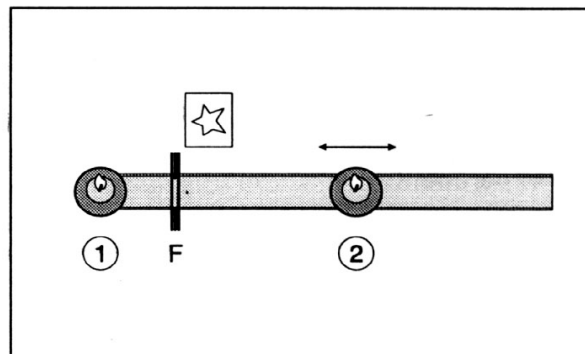


Fig. 2

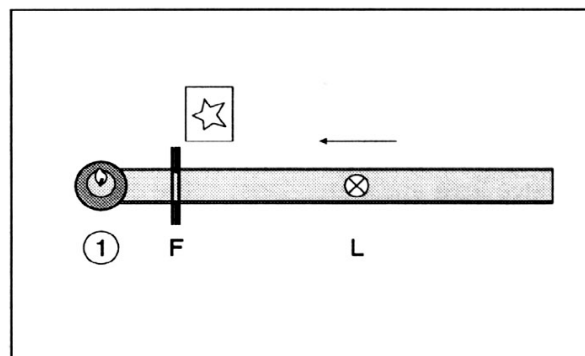


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

15. En la pantalla del fotómetro se puede ver una mancha luminosa en forma de estrella.

16.

Fuente luminosa	Distancia (1) – F	Distancia F – (2)	Distancia F – L
Vela	5 cm	4.5 cm	–
Lámpara (6 V)	5 cm	–	12 cm
Lámpara (12)	5 cm	–	34 cm

NB:

Es muy posible que se den en este experimento diferencias de 0.5 a 1 cm por debajo de los valores medidos indicados. Posibles fuentes de errores son por ej. velas y llamas de diferentes tamaños.

Evaluación:

En el momento de desaparecer la mancha de luz en el fotómetro, la intensidad luminosa E es equivalente en ambos lados. Si las distancias de ambas fuentes luminosas son iguales, esto querrá decir que también sus luminosidades I son iguales.

La vela (1) es la fuente luminosa patrón. Se comparan las intensidades luminosas de las otras fuentes luminosas con la de la vela (1).

17. Compare las intensidades luminosas de las velas (1) y (2).

La intensidad luminosa de la vela (1) es aproximadamente igual a la intensidad luminosa de la vela (2).

La intensidad luminosa I (medida en candelas = cd) de una fuente luminosa puede calcularse a partir de la luminosidad E (medida en lux = lx) que se produce sobre una superficie: $i = E \cdot r^2$.

De ser iguales los valores de luminosidad en ambos lados de la pantalla ($E_1 = E_2$), las intensidades luminosas de ambas fuentes luminosas corresponden a los cuadrados de las distancias:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Quiere decir que existe la posibilidad de expresar la relación de las intensidades luminosas de las dos fuentes luminosas, si es que se han medido previamente las distancias desde la pantalla del fotómetro.

18. ¿De que magnitud es la relación de la intensidad luminosa de la lámpara de halógeno

a) para 6 V con respecto a la intensidad luminosa de la vela? 2.4

b) para 12 V con respecto a la intensidad luminosa de la vela? 6.8

c) para 6 V con respecto a la intensidad luminosa de la lámpara de halógeno? 2.8

NB:

La intensidad luminosa de la lámpara de halógeno para 12 V es 8 veces más grande que para 6 V. Por ende, a partir de la fórmula de ► 17, se puede decir que la distancia r_2 (para 12 V) = $\sqrt{8} \cdot r_1$ (para 6 V).

- *La intensidad luminosa de las fuentes de luz se compara con una fuente de luz normal. Antiguamente se utilizaba una fuente luminosa de llama uniforme, la vela de Hefner. Hoy día se utiliza una fuente luminosa uniforme incandescente.*

- *El fotómetro de mancha de aceite según Bunsen posee un espejo en ángulo, a fin de que se puedan observar las dos caras simultáneamente.*

Condensor

Ejercicio: Estudiar el efecto de una lente concentradora, aquí lente B.

Objetivo del experimento • *Presentar la lente B como una lente concentradora para nuevos experimentos con luz paralela*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	ej. 562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	2 Velas	
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

- Monte los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. No instale todavía la lente y el soporte para diafragmas y diapositivas.

NB:

El filamento de la lámpara debe estar orientado verticalmente.

- Ponga la hoja de papel en la mesa óptica. Ubique el borde frontal de la mesa óptica en la posición 10 cm.

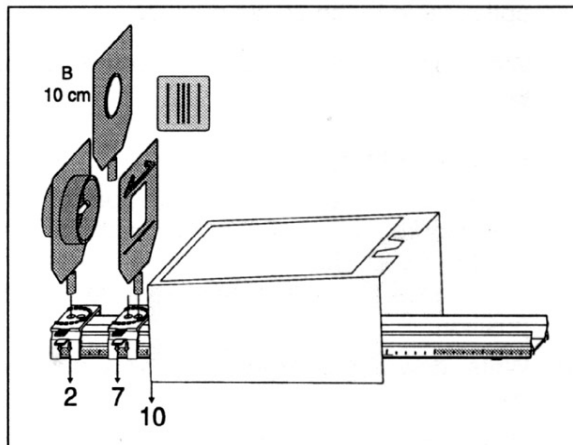


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).

Parte 1 del experimento

4. ¿Qué parte de la mesa esta iluminada?
Escriba y dibuje lo observado en ► 15.

Parte 2 del experimento

5. Coloque la lente en el segundo jinetillo (orificio izquierdo), ► Fig. 3.
6. Describir la iluminación de la mesa. Escriba y dibuje lo observado en ► 15.

Parte 3 del experimento

7. Desplace la lente a la posición "12 cm".
8. Sitúe la mesa óptica en la posición "15 cm".
9. Escriba y dibuje lo observado en ► 15.

Parte 4 del experimento

10. Desplace la lente hasta la posición "21 cm" y la mesa óptica hasta la posición "25 cm".
11. Escriba y dibuje lo observado bajo ► 15.

Parte 5 del experimento

12. Vuelva a poner la lente en la posición "11 cm". Inserte el soporte para diafragmas y diapositivas con el diafragma de 5 ranuras en el orificio derecho del jinetillo. Vuelva a colocar la mesa óptica en la posición 15 cm.
13. Escriba y dibuje lo observado en ► 15.
14. Desconecte la lámpara del transformador.

NB:

Los pasos 7 a 12 deben repetirse varias veces con el fin de que los estudiantes puedan hacerse una idea de cómo trabaja una lente concentradora

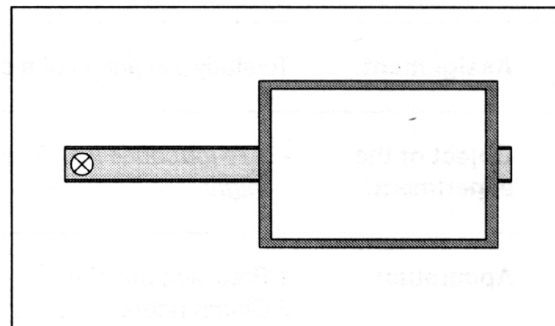


Fig. 2

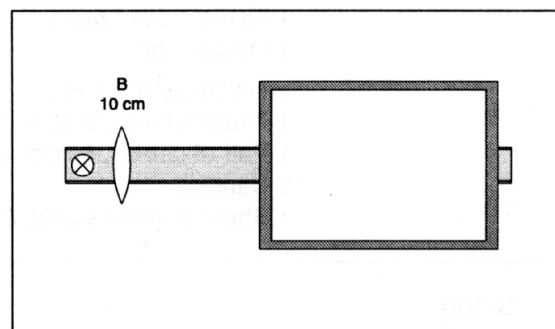


Fig. 3

**Notas para el profesor 3****Observaciones y mediciones:**

15.	Parte del experimento	Disposición	Esquema	Observación
	1	Lámpara sola		<i>Toda la mesa se ilumina</i>
	2	Lámpara + lente, 6		<i>Se produce un cono de luz en la mesa</i>
	3	Lámpara + lente, 12		<i>Se produce un haz de luz paralelo</i>
	4	Lámpara + lente, 21		<i>La luz converge sobre la mesa y vuelve a divergir</i>
	5	Lámpara + lente, 12 + diafragma		<i>Se producen 5 rayos paralelos de luz</i>

Evaluación:

16. Mire los esquemas hechos en el cuadro. Explique porque la lente B se llama “lente concentradora” (o “condensador”)?

Mediante la lente B se puede hacer que la luz de la lámpara converja en un punto (experimento 4), que se haga paralela (partes del experimento 3 y 5) o que sea concentrada en cualquier forma deseada (parte 2 del experimento).

17. Este efecto concentrador de la lente se necesita para muchos de los experimentos siguientes. Mirar una vez más la disposición de las partes 3 y 5 del experimento. Los experimentos se realizan frecuentemente con luz paralela o rayos paralelos de luz.

NB:

Debe revisarse la calidad de la luz paralela antes de cada experimento. La distancia entre la lámpara y la lente de 100 mm usado aquí (lámpara en 2 cm, lente en 12 cm) es sólo un punto de orientación, ya que las distancias focales de las lentes pueden variar dentro de las tolerancias.

Día y noche

Ejercicio: ¿Cómo se originan el día y la noche?

Objetivos del experimento:

- Explicar como se originan el día y la noche en la tierra.
- Determinar la dirección de rotación de la tierra.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Modelo Tierra-Luna	459 39
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

1. Colocar todos los componentes en el banco óptico como se ve en la Fig. 1. La lámpara con el condensador representa el sol (el filamento de la lámpara debe estar en posición vertical).
2. El eje de la tierra señala en dirección contraria del sol (hacia la derecha), la luna se encuentra detrás de la tierra.

NB:

La luna se encuentra en el lado alejado del sol, ya que la misma no se necesita para este experimento.

No exponga el lugar de trabajo a la luz solar directa.

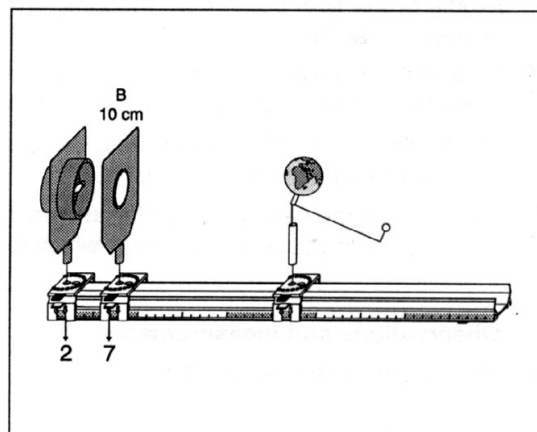


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. ¿En que lado de la tierra es de día, y en que lado es noche? Escriba lo observado en ► 9.

NB:

El experimento puede modificarse sosteniendo el modelo tierra-luna en dirección a la luz solar, de manera que, por ej., su ciudad o pueblo quede en dirección hacia el sol. Se mencionan entonces los países en los cuales es de noche.

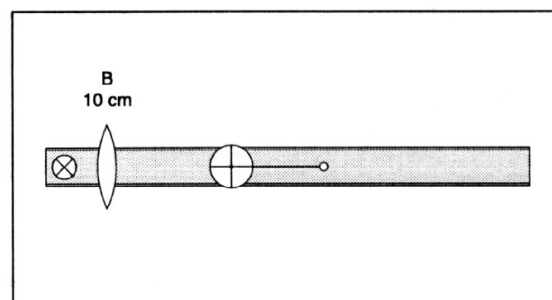


Fig. 2

Parte 2 del experimento

5. ¿Qué se tendrá que hacer para conseguir que sea “de día” en el lado en que es noche?. Apuntarlo bajo ► 10.

Parte 3 del experimento

6. Haga girar el globo terráqueo de tal manera que su país esté por debajo de la línea central del banco óptico y justo en el medio del haz de luz proveniente de la lámpara. ¿Qué hora es en su país con este modelo? Escriba su respuesta en ► 11.
7. Mire el modelo y diga donde está el este y donde el oeste. ¿En que dirección habrá que girarse la tierra, a fin de que el sol se ponga en el oeste? Escriba su respuesta en ► 12.

NB:

En este ejercicio los estudiantes deben imaginar que están parados sobre el modelo, y decidir donde están situados el este y el oeste.

8. Siga girando el globo terráqueo y describir después de cada cuarto de vuelta si en su país se puede ver el sol, y en que punto cardinal se encuentra el mismo . Escriba su respuesta en ► 15.

Observaciones y mediciones:

9. En el lado que señala hacia el sol es día.

En el lado opuesto al sol es noche.

10. Se debe girar la tierra.

11. Es mediodía

12. La tierra debe girarse en sentido contrario a la agujas del reloj

13. Vemos al sol en el oeste (puesta del sol, anochecer).

No podemos ver el sol (es de noche)

El sol se ve en el este (amanecer, mañana)

El sol se ve en el sur (mediodía).

NB: Este enunciado rige para un observador que se encuentra en el hemisferio norte. Para los observadores en el hemisferio sur, el sol se verá a mediodía en el norte.



Evaluación:

14. ¿Cómo se originan el día y la noche?

La rotación de la tierra sobre sí misma origina el día y la noche.

15. ¿En que dirección gira la tierra?

La tierra gira en sentido inverso a las agujas del reloj

16. ¿Cuántos giros realiza la tierra en 24 horas?

La tierra realiza un giro cada 24 horas.

NOTA:

El día solar medio es la base para la medición normal de tiempo: $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$. Este es el tiempo que media entre dos culminaciones subsiguientes de un sol ficticio medio. El día solar verdadero no se podrá tomar como base para la cuenta del tiempo ya que tiene duraciones diferentes, entre otras cosas, por las razones siguientes:

- 1. La inclinación de la elíptica varía con respecto al Ecuador.*
- 2. La tierra no viaja alrededor del sol en una órbita circular.*
- 3. Hay ligeras variaciones en el movimiento del eje terrestre.*
- 4. La velocidad de rotación de la tierra no es uniforme.*

Las estaciones del año

Ejercicio: Encontrar la relación entre las estaciones del año y las revoluciones de la tierra alrededor del sol.

Objetivo del experimento

- Mostrar que las estaciones están relacionadas con la inclinación del eje terrestre con respecto a su órbita.

NOTA:
Es conveniente realizar este experimento a continuación del experimento 07.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Modelo Tierra-Luna	459 39
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

- Coloque los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1
- Ubique la luna detrás de la tierra y dirija el eje terrestre hacia la derecha. La lámpara con el condensador representa el sol.

NOTA:

La luna no se necesita para este experimento.
Ubíquela por detrás de la tierra para que no interfiera en el ensayo.

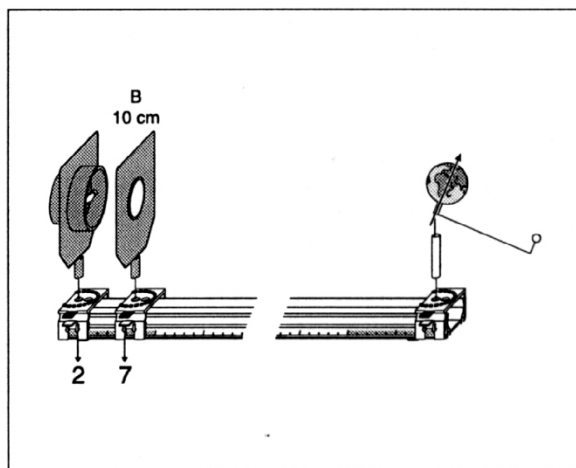


Fig. 1

Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Poner sucesivamente el banco óptico en las posiciones I hasta IV. El sol S (lámpara y condensador) conservan su lugar. El eje de la tierra tiene que estar siempre inclinado hacia la derecha, es decir, señalar hacia el mismo punto de la clase.
5. ¿En que posición del banco óptico se encuentra inclinado el eje de la tierra con su extremo norte en dirección hacia el sol, y en que posición en dirección alejada del sol? Anotar bajo ► 7.
6. Conteste las mismas preguntas con respecto al extremo sur del eje de la tierra y escriba su respuesta en ► 7.

NOTA:

A fin de representar el recorrido anual de la tierra alrededor del sol (llamado revolución de la tierra), es necesario que se gire el banco óptico en 360°. La trayectoria de la tierra se sitúa en tal caso sobre el nivel de la mesa, es importante que al mismo tiempo el eje de rotación de la tierra (giro diario) señale siempre – es decir durante las cuatro estaciones del año – en la misma dirección. En el universo real este punto es la Estrella Norte para el hemisferio norte.

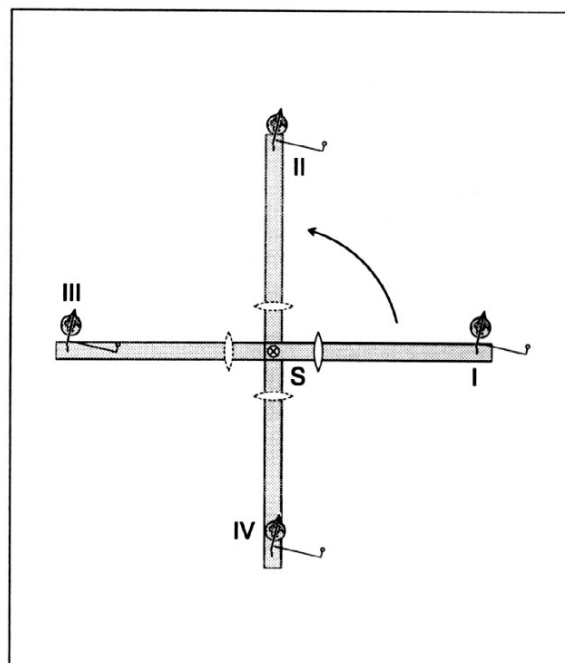


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

Inclinación del extremo norte del eje terrestre		Inclinación del extremo sur del eje terrestre	
Alejado del sol	En dirección hacia el sol	Alejado del sol	En dirección hacia el sol
I	III	III	I

Evaluación:

La tierra gira una vez al año alrededor del sol. Pero el eje de la tierra señala siempre hacia el mismo punto en el cielo. Al encontrarse el hemisferio norte en dirección hacia el sol, a mediodía el sol ocupará una posición más elevada en el cielo. Los rayos del sol inciden en forma más perpendicular: Es verano (en el hemisferio norte).

8. Complete el dibujo indicando la estación del año para el hemisferio norte

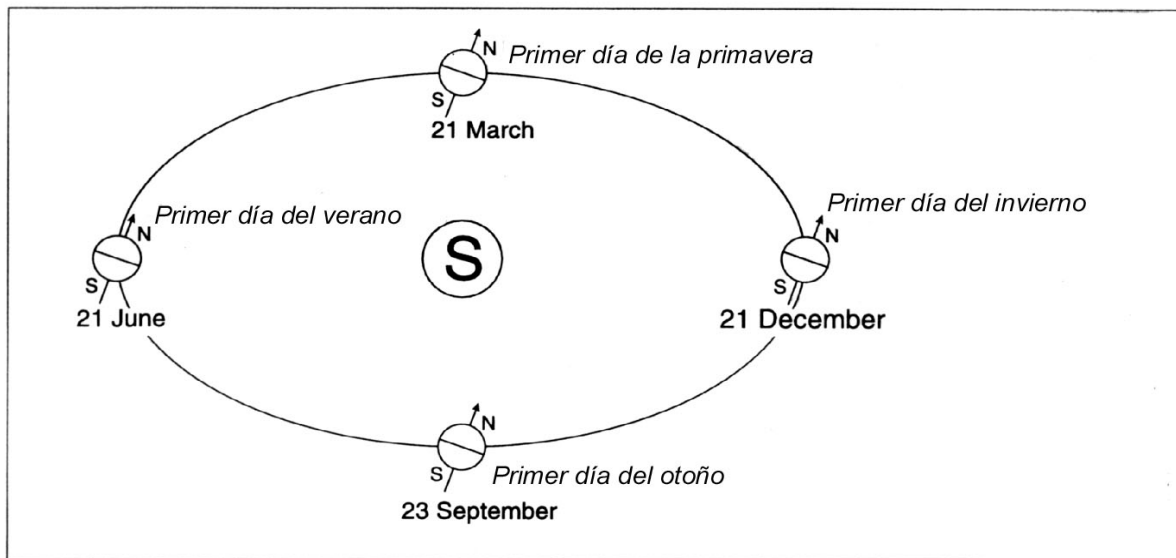


Fig. 3

9. ¿Por qué hace más calor en el verano si los rayos de sol inciden en forma más perpendicular? Explicarlo con la ayuda del esquema:

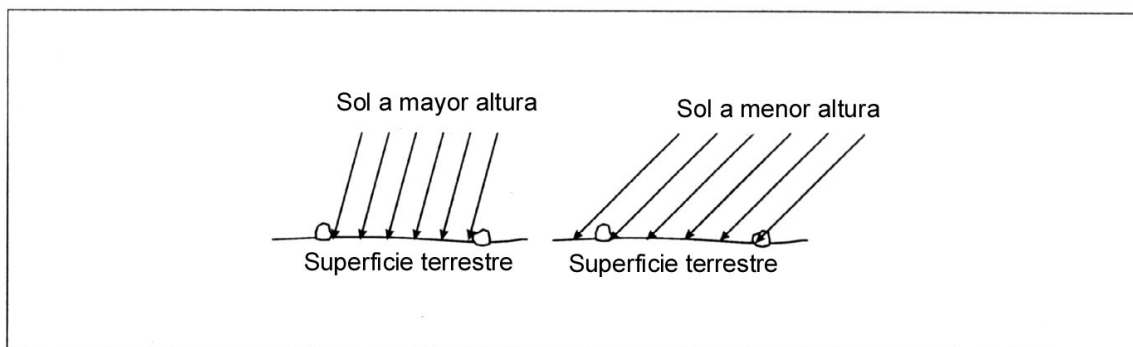


Fig. 4

Inciden más rayos de sol en la misma superficie.

Esto puede demostrarse de una manera convincente utilizando una pila solar conectada a un amperímetro.

El voltaje aumenta o disminuye cuando el ángulo de la pila solar con respecto al sol se cambia desde una posición perpendicular a otra inclinada.



NOTA:

En este caso se ha hecho una representación bastante simplificada del transcurso del año y del origen de las diferentes estaciones.

Una estación del año es el espacio de tiempo que media entre un equinoccio (día y noche de igual duración) y un solsticio (mayor diferencia entre el día y la noche) . La duración varía y depende entre otras cosas, de la velocidad no uniforme de la tierra durante su movimiento alrededor del sol (2ª ley de Kepler). La influencia de las diferentes distancias de la tierra con respecto al sol en el verano y en el invierno es también un factor que se desprecia en este modelo.

Experimentos complementarios:

Solsticio de verano y de invierno

Noche polar, día polar (noche de verano)

Las fases de la luna

Ejercicio: Estudiar la iluminación de la luna durante su movimiento alrededor de la tierra

Objetivo del Experimento: • Comprender las causas que originan las fases de la luna.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Modelo Tierra-Luna	459 39
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

- Colocar todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
- Ubicar la luna detrás de la tierra. La lámpara con el condensador representa el sol.

NOTA:

El sitio de experimentación deberá estar protegido contra la incidencia de la luz dispersa, a fin de que se pueda ver claramente cada una de las fases.

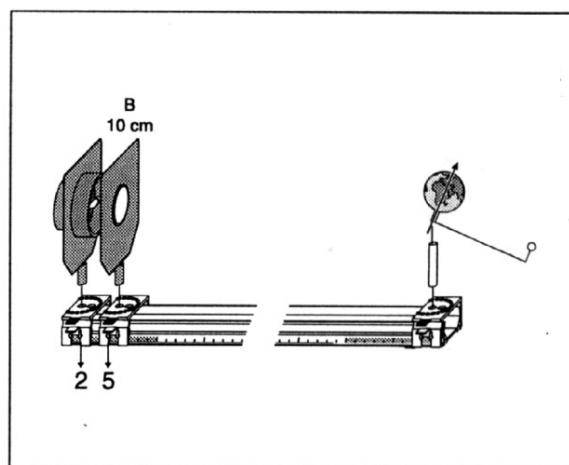


Fig. 1

Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Gire el globo terráqueo de tal manera que en su país sea medianoche. ¿Qué parte de la superficie iluminada de la luna se puede ver desde su país en esta posición (primera fase)? Escriba su respuesta en ► 9.
5. La luna realiza un giro completo alrededor de la tierra cada 28 días y viaja en sentido antihorario. ¿Dónde se encuentra después de la primera semana? Dibujar su posición en el esquema (2ª fase) y escriba su respuesta en ► 9.

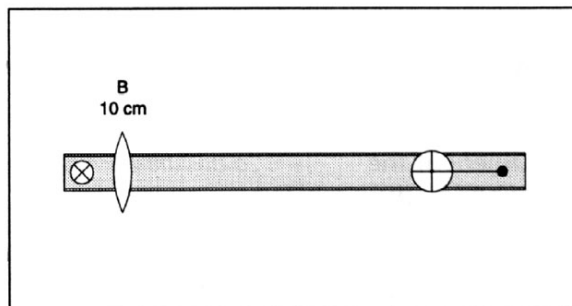


Fig. 2

NOTA:

Los estudiantes deben mirar hacia la luna desde un punto situado justo arriba de la tierra.

6. ¿Qué parte de la superficie iluminada de la luna se podrá ver entonces desde la tierra? Escriba su respuesta en ► 9.
7. ¿Dónde se encuentra la luna después de la segunda semana y después de la tercera semana? Dibuje y escriba su respuesta en ► 9.

NOTA:

En la tercera fase, el alumno deberá mirar hacia la lámpara. Para evitar deslumbramientos, la lámpara se conectará a la tensión de 6 V para esta observación. Luego retornar a los 12 V.

8. ¿Qué parte de la superficie iluminada de la luna se puede percibir en esta posición? Dibuje y escriba su respuesta en ► 9.

Observaciones y mediciones:

9. Tabla:

Fase de la luna	Ubicación de la luna	Iluminación de la luna vista desde la tierra	Se puede
1ª fase			<i>Ver toda la parte iluminada de la luna</i>
2ª fase			<i>Ver la mitad de la superficie iluminada de la luna</i>
3ª fase			<i>No se puede ver ninguna parte de la superficie iluminada de la luna</i>
4ª fase			<i>La mitad de la superficie iluminada de la luna</i>

Notas para el profesor 3

Evaluación:

10. La tercera columna de la tabla contiene los esquemas de las fases de la luna. Pintar con un lápiz de color amarillo aquella parte que se ve iluminada desde la tierra. La otra parte no iluminada se pinta con un lápiz de color negro. Imagine al mismo tiempo que la luz del sol viene desde la izquierda (en la segunda columna del esquema).

NOTA:

Si los estudiantes no tienen lápices o marcadores de color pueden dejar las superficies iluminadas de color blanco y pintar las superficies no iluminadas con negro.

11. Escriba los nombres de las cuatro fases de la luna en la Fig. 3.

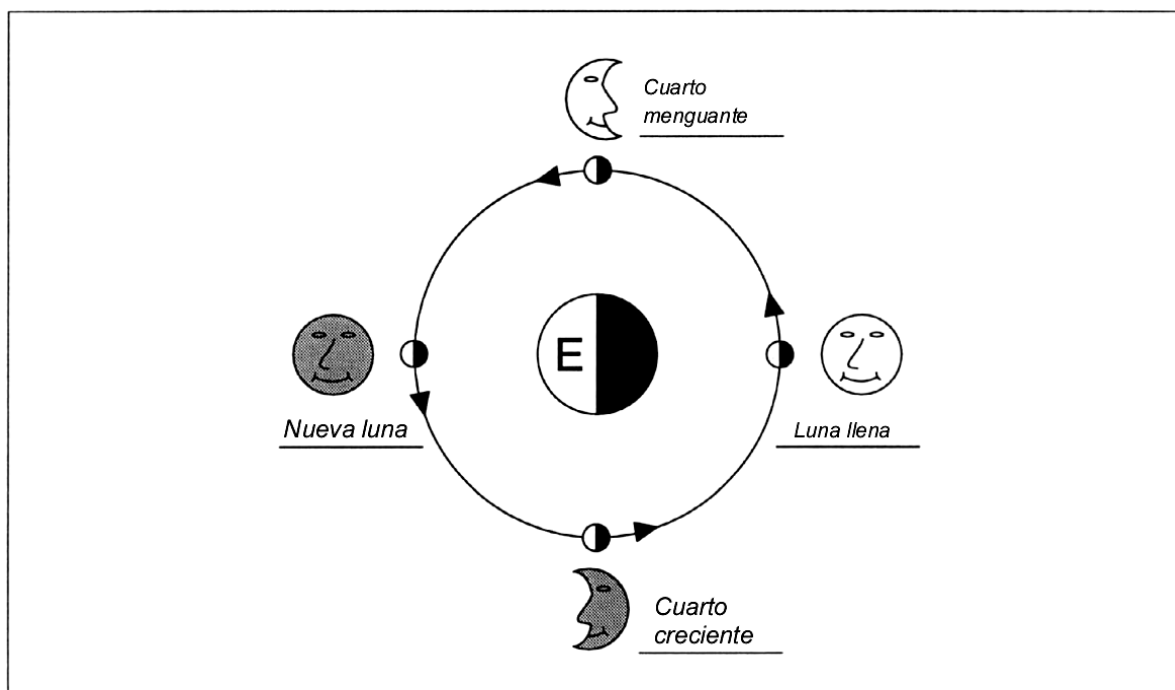


Fig. 3

NOTA:

Los símbolos para las diferentes fases de la luna se hallan en muchos calendarios y almanaques y pueden dibujarse en el diagrama.

El origen de las fases de la luna se ha explicado de manera simplificada dentro de un sistema estático tierra-luna. En realidad, la luna se mueve junto con la tierra alrededor del sol, realizando con respecto al sol un movimiento sinusoidal ► Fig. 4.

Cuando se trabaja con este modelo tierra-luna, se debe recordar siempre que a pesar que la relación entre los diámetros de los modelos de luna y tierra es aproximadamente correcta (en teoría la luna debe tener 12 mm de diámetro en lugar de 10 mm), estos cuerpos están mucho más alejados en proporción en el universo real. Si se desea mostrar correctamente esta distancia relativa, la luna debería estar situada a aproximadamente 1.3 metros del modelo de tierra.

Usando la misma escala, la tierra debería estar a 500 m del sol, y el sol debería tener un diámetro de 5 metros en el modelo (ver "Acerca de los aparatos").

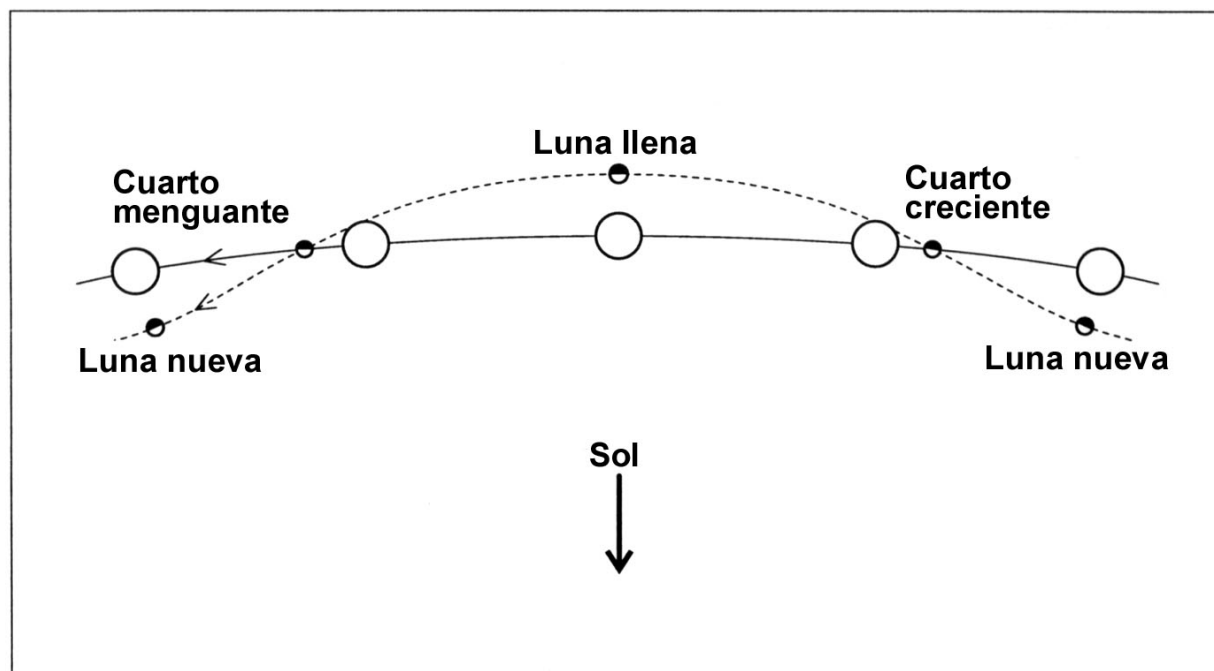


Fig. 4

Eclipse solar y lunar

Ejercicio: ¿Cómo se origina un eclipse lunar?
¿Cómo se origina un eclipse solar?

Objetivos del experimento:

- Representación experimental del eclipse lunar y solar
- Comprender las condiciones necesarias para que se originen eclipses

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Modelo Tierra-Luna	459 39
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

1. Coloque los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1
2. Al comienzo del experimento el eje terrestre y la luna deben señalar hacia el experimentador.

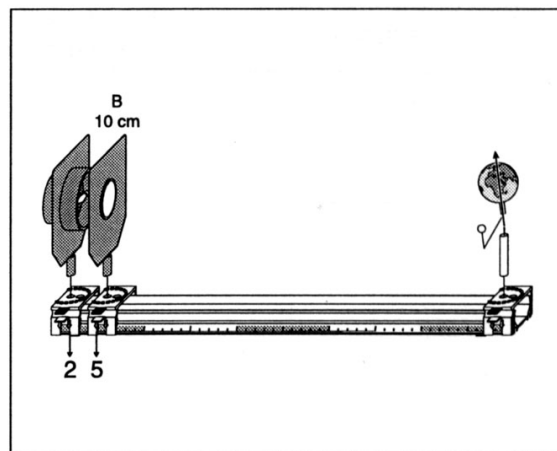


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Gire la luna alrededor de la tierra en sentido contrario a las agujas del reloj (posiciones I – III).
5. Observe la iluminación de la luna desde la tierra y luego dibuje y escriba lo observado en ► 8.

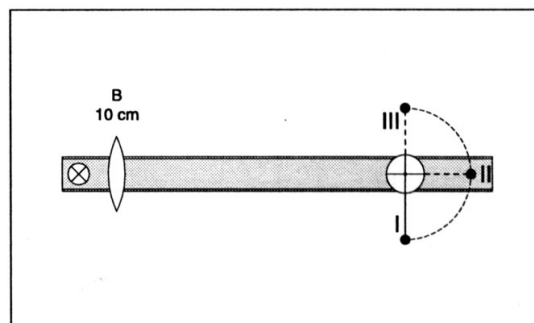


Fig. 2

Parte 2 del experimento

6. Gire nuevamente la luna alrededor de la tierra en sentido antihorario (posiciones III – V)
7. Observe la iluminación de la luna desde la tierra y luego dibuje y escriba lo observado en ► 8.

NOTA:

Este experimento puede modificarse de manera de crear y demostrar eclipses parciales adicionalmente a los eclipses totales.

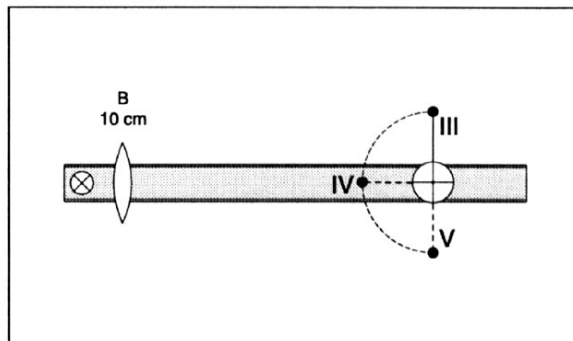


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

8. Dibuje con amarillo las superficies que se ven iluminadas desde la tierra, y con negro las que no están iluminadas.

Parte 1 del experimento

Posicion	Posicion del sol S, de la tierra E y de la luna M	Iluminacion de la luna
I		
II		
III		

Parte 2 del experimento

Posicion	Posicion del sol S, de la tierra E y de la luna M	Iluminación de la tierra
III		
IV		
V		

Evaluación:

10. ¿Cómo deben encontrarse el sol, la tierra y la luna, a fin de que se produzca un eclipse lunar?

Un eclipse lunar se produce cuando la luna pasa por detrás de la tierra y el sol,

la tierra y la luna están en una misma línea

11. ¿Cómo se origina un eclipse lunar?

Un eclipse lunar se produce al caer en la luna la sombra de la tierra.

12. ¿Cómo deben encontrarse el sol, la tierra y la luna para que se produzca un eclipse solar?

Un eclipse solar se produce cuando la luna está situada entre la tierra y el sol

y el sol, la luna y la tierra están en una misma línea.

13. ¿Cómo se origina un eclipse solar?

Un eclipse solar se produce al caer en la tierra la sombra de la luna.

14. Apuntar los términos eclipse solar y eclipse lunar en este esquema.

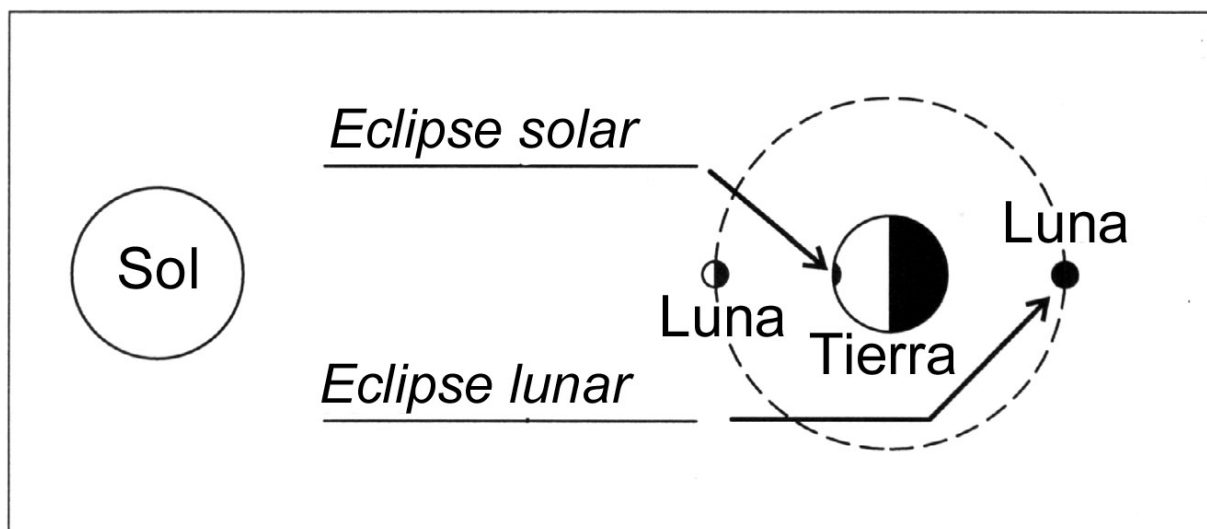


Fig. 4

15. ¿En que fase de la luna (luna llena, cuarto creciente o menguante, luna nueva) se puede originar un eclipse lunar, y con que fase un eclipse solar?

El eclipse lunar sólo ocurre con luna llena.

El eclipse solar sólo ocurre con luna nueva.

NOTA:

Puesto que el plano descrito por la trayectoria de la luna se encuentra inclinado en unos 5° con respecto al plano descrito por la trayectoria de la tierra, no se produce siempre un eclipse lunar cada vez que hay luna llena, ni tampoco un eclipse solar cada vez que hay luna nueva. Puesto que además el eje de la trayectoria de la luna realiza un movimiento de precesión en torno al eje de la tierra, los eclipses no solo se producen solo en los equinoccios.

Reflexión en un espejo plano

Ejercicio: ¿Qué leyes nos hablan de cómo los rayos de luz son reflejados en un espejo?

Objetivo del experimento • Descubrir la ley de reflexión para un espejo plano midiendo el ángulo de reflexión para ciertos ángulos de incidencia.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Modelo de espejos combinados	459 41
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	

Montaje:

- Colocar los componentes en el banco óptico, tal como se ve en la Fig. 1.
- Preparar la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1a y ponerla en la mesa óptica.
- Poner el espejo con su lado plano exactamente sobre la línea corta de las dos líneas cruzadas.

NOTA:

Verifique que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

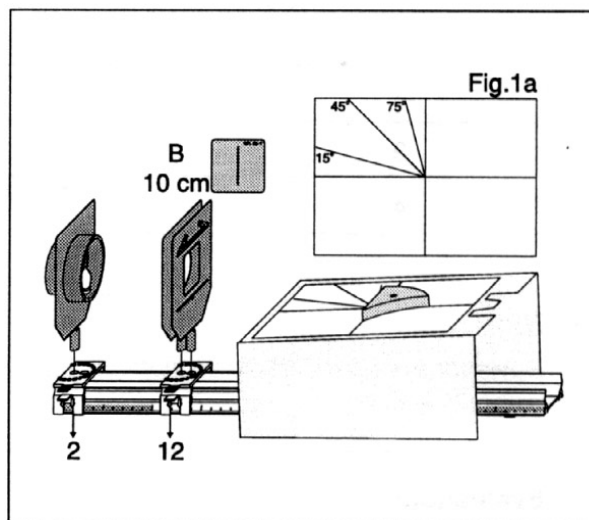


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conectar la lámpara al transformador (12 V). El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical.
5. Gire el papel de manera tal que la trayectoria del rayo coincida con la línea de los 75° hasta incidir en el espejo.
6. Marcar el rayo reflejado con dos x y designarlo con "1".
7. Represente con flechas las direcciones de los rayos incidente y reflejado.

NOTA:

Tenga cuidado de no alterar la posición del espejo cuando se gira el papel.

8. Repita los pasos 6 y 7 para 45° , 15° y 0° . Designar estos rayos con, 2, 3 y 4.
9. Desconecte la lámpara del transformador.
10. Unir mediante líneas las cruces que se pertenecen entre sí.
11. Mida el ángulo entre la línea de 0° y el rayo 1 y escriba el valor en ► 13.
12. Haga lo mismo para los rayos 2, 3 y 4 y escriba los valores en ► 13.

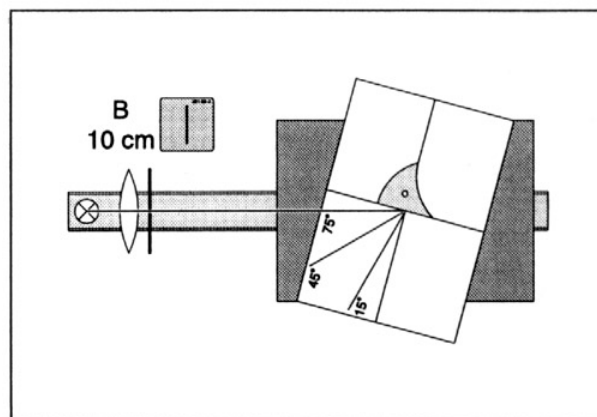


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

Rayo reflejado	Ángulo entre el rayo reflejado y la línea de 0°	Rayo incidente
1	75°	75°
2	45°	45°
3	15°	15°
4	0°	0°

NOTA:

Las diferencias de hasta 28° son aceptables. Si existen diferencias mayores significa que no ha habido esmero suficiente.

Evaluación:

14. ¿Qué efecto ejerce la superficie del espejo sobre los rayos entrantes (los llamamos "rayos incidentes")?

Los rayos se reflejan en la superficie del espejo.

15. Compare las columnas 2 y 3 de la tabla. ¿Qué puede advertir?

El ángulo entre el rayo entrante y la línea de 0° es siempre exactamente el mismo que

el ángulo entre el rayo reflejado y la línea de 0° .

Notas para el profesor 3

16. La línea de 0° es perpendicular al espejo. A esta línea la denominamos “eje de incidencia”. El ángulo entre el rayo incidente y el eje de incidencia se llama ángulo de incidencia. ¿Cuál es el ángulo de reflexión?

El ángulo de reflexión es el ángulo entre el rayo reflejado y el eje de incidencia.

17. Escriba los nombres correspondientes en la Fig. 3:

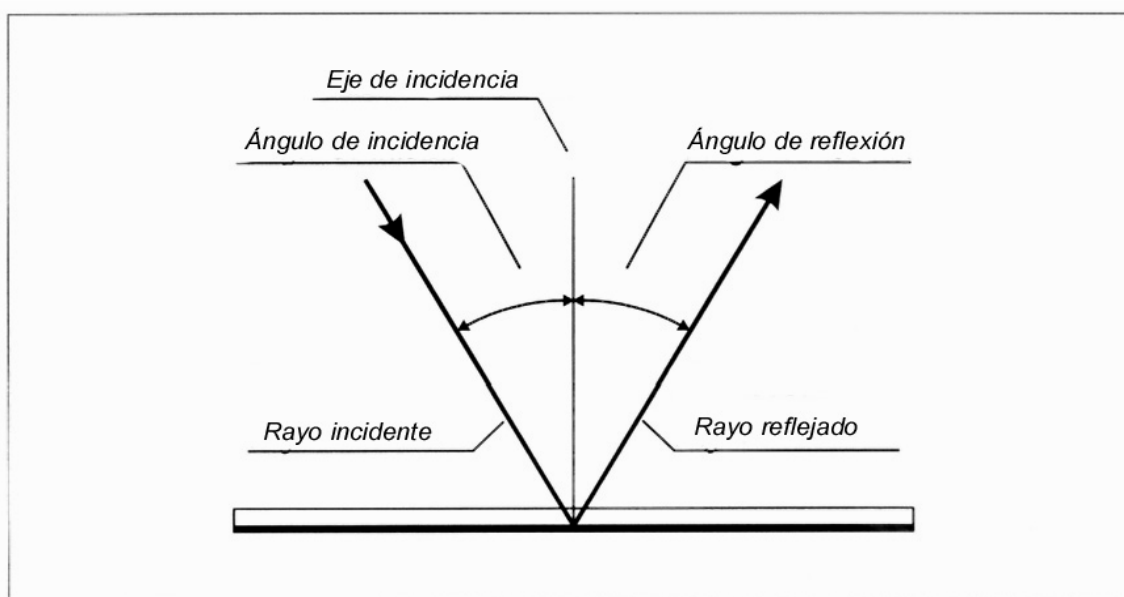


Fig. 3

18. Vuelva a formular su respuesta del enunciado 15, y utilice los términos “ángulo de incidencia” y “ángulo de reflexión”.

Ángulo de incidencia = ángulo de reflexión.

19. ¿Qué magnitud tiene el ángulo de reflexión para un rayo de luz que incide en un espejo sobre la normal al plano de incidencia?

El ángulo es 0° . El rayo incidente se refleja “en sí mismo”.

NOTA:

El resultado del punto 18 se denomina “ley de la reflexión”. Rige no sólo para la luz, sino también para el sonido y para la reflexión elástica de cuerpos esféricos en superficies planas (pelotas, bolas de billar, etc.).

Ubicación de las imágenes en el espejo plano

Ejercicio: ¿Dónde se forma la imagen reflejada?

Objetivo del experimento: • Comprender la relación existente entre la distancia g del objeto y la distancia d de la imagen en el espejo plano

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Modelo de espejos combinados	459 41
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1 a y colóquela sobre la mesa óptica.
3. Aplicar el espejo por su lado plano exactamente sobre la línea corta de la cruz formada por los ejes.

NOTA:

Verifique que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar con el experimento (ver experimento 06).

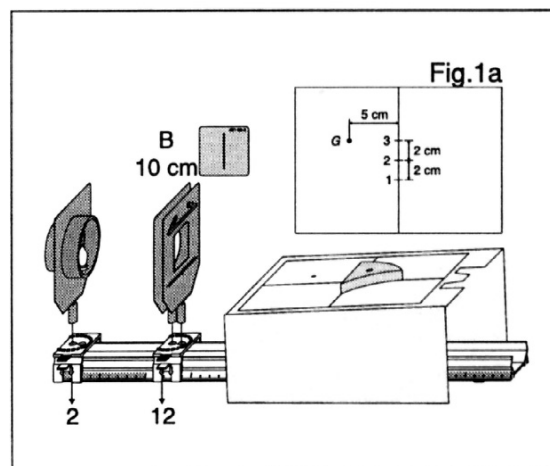


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V). El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical
5. Gire el papel de manera tal que el rayo de luz incida en el punto "G" y en el punto "1" (Fig. 2).



Cuidado: No desplazar el espejo.

6. Marque el rayo incidente y el reflejado con dos x.
7. Repita los pasos 5 y 6 para los puntos 2 y 3.
8. Desconecte la lámpara del transformador.
9. Unir con líneas las cruces que se pertenecen entre sí.
10. Prolongue los rayos reflejados más allá de la línea media utilizando un lápiz de color y designar el punto de intersección con "B".

NOTA:

También puede usar líneas de trazos interrumpidos para extender los rayos reflejados.

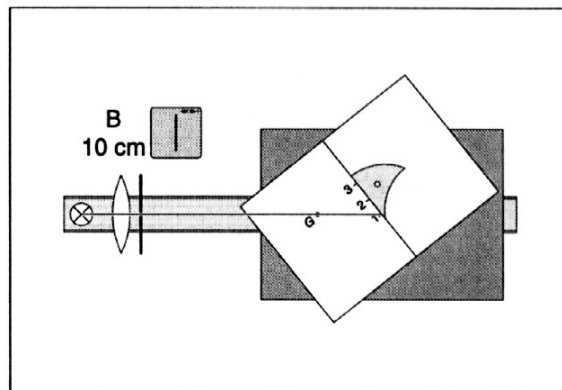


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

11. Escriba los valores medidos en los espacios en blanco.
Distancia punto "G" del objeto al espejo: $g = \underline{5}$ cm
Distancia punto "B" de la imagen al espejo: $b = \underline{5}$ cm.

NOTA:

Una diferencia de hasta 1 mm en la intersección se considera aceptable. Si el error fuese mayor, no se ha trabajado con esmero suficiente.

Evaluación:

12. Compare las distancias "g" y "b".

La distancia "g" y la distancia "b" son iguales.

13. La distancia "g" se llama distancia del objeto y la distancia "b" se llama distancia de la imagen. Vuelva a formular la respuesta al punto 12 usando estos términos.

Distancia de la imagen = distancia del objeto ($g = b$).

14. Un hombre está parado a 1 m de un espejo. ¿A qué distancia está su imagen?

Su imagen reflejada está a 2 m.

15. Complete el esquema de la derecha empleando estos nuevos términos ► Fig. 3.

G = Punto objeto

$g =$ distancia del objeto

B = Punto imagen

$b =$ distancia de la imagen

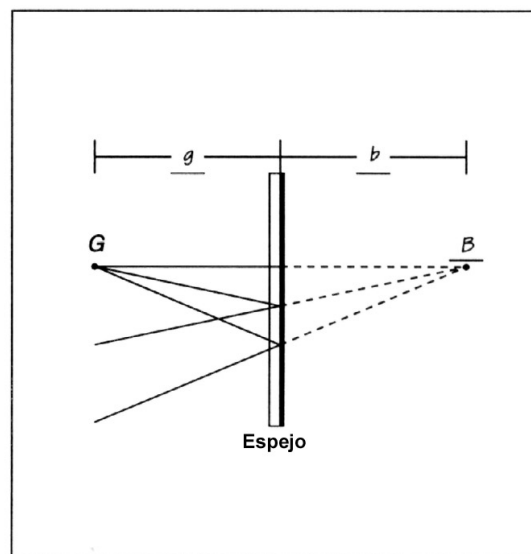


Fig. 3

Imágenes reflejadas en el espejo plano

Ejercicio: Observar las propiedades de la imagen reflejada en el espejo plano.

Objetivo del experimento: • Aprender que las imágenes en un espejo son virtuales y tienen los lados invertidos

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Portaplacas con mango	459 30
	1 Espejo plano	459 38
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Hoja de papel blanco 5 cm x 5 cm	

Montaje:

- Coloque los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1 (el espejo debe mirar hacia el soporte para diafragmas y diapositivas).
- Escriba la letra "d" en el papel y colocarla en el soporte para diafragmas y diapositivas.

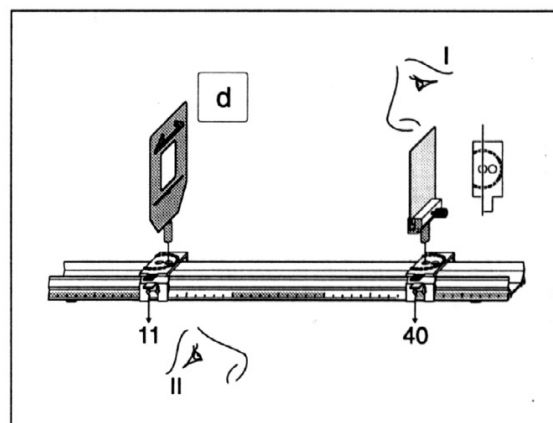


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

- Mirar por encima del espejo en dirección hacia el soporte para diafragmas y diapositivas (dirección visual I, Fig. 1/ Fig. 2).
- ¿Qué letra identifica usted en el papel? Apuntar lo observado en ► 10.
- Gire el espejo en el jinetillo, hasta que quede encastrado en la ranura siguiente (Fig. 2).
NOTA: El espejo estará ahora situado con un ángulo de 15° con respecto al eje óptico.
- Mire hacia el espejo (dirección visual II).
- ¿Qué letra puede leerse ahora en el papel? Escriba lo observado en ► 10.

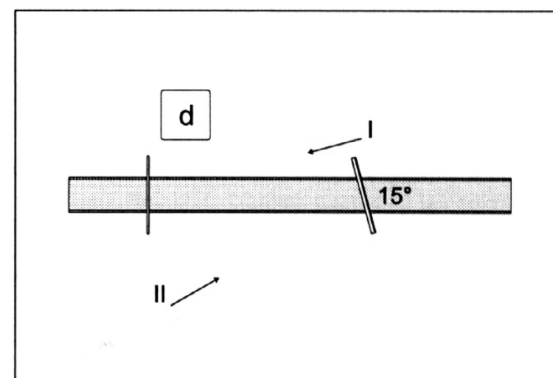


Fig. 2



Notas para el profesor 2

Parte 2 del experimento

8. Retirar el espejo del sistema y colocar la pantalla transparente en su lugar (montado como indica el paso 5); tratar de captar la imagen en esta pantalla.
9. ¿Qué se observa? Escríbalo en ► 11.

Observaciones y mediciones:

10.		Letra
	I (directa)	d
	II (en el espejo)	b

11. En la pantalla se produce/no se produce una imagen de la letra (subrayar la respuesta correcta).

Evaluación:

12. ¿Cuál es la diferencia entre el objeto y su imagen reflejada?

La imagen reflejada en el espejo tiene los lados invertidos.

13. ¿Es posible proyectar las imágenes de un espejo plano en una pantalla?

No es posible proyectar imágenes de un espejo plano en una pantalla.

La imagen del espejo es virtual (aparente).

14. ¿Qué se puede hacer para poder leer las siguientes palabras?

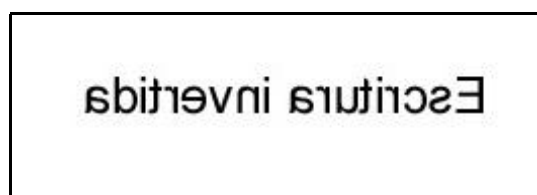


Fig. 3

Podemos ponerla enfrente de un espejo.

NOTA:

Puede crear una escritura invertida fácilmente si escribe normalmente en una hoja de papel o en una transparencia y ve esto desde atrás. Luego podrá leer esta escritura de manera normal colocando un espejo apoyado contra la base de la escritura.

Hará falta que los profesores introduzcan el concepto de “fenómeno virtual”, ya que probablemente los alumnos no estén familiarizados con esto.

Notas para el profesor

Marcha de rayos para diferentes tipos de espejos

Ejercicio: Comparar el recorrido de rayos luminosos paralelos después de haber incidido estos en un espejo plano, en un espejo cóncavo y en uno convexo.

Objetivos del experimento: • Comprender el efecto convergente de los espejos cóncavos y el efecto divergente de los espejos convexos

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Modelo de espejos combinados	459 41
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1. El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical.
2. Divida la hoja de papel por la mitad mediante una línea longitudinal.
3. Prepare la cara posterior de la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1 y colóquela en la mesa óptica.

NOTA:

La mesa óptica debe estar entre 3 y 5 cm enfrente del soporte para diafragmas y diapositivas. Verifique que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

También puede tapar con las correderas de diafragma las dos ranuras exteriores del diafragma de 5 ranuras.

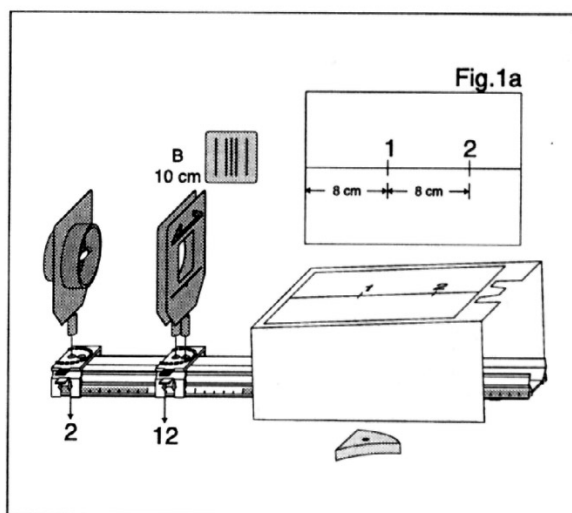


Fig. 1

Realización del experimento

4. Conectar la lámpara al transformador (12 V).
5. Poner la mesa óptica de manera tal que la trayectoria del rayo medio coincida con el eje óptico (línea media).
6. Trace los otros cuatro rayos sobre el papel utilizando lápices de colores y una regla (Fig. 2).
7. Ubicar el espejo en el punto 1 como se muestra en la Fig. 3 y gírelo de manera tal que el rayo medio retorne sobre la línea media.
8. Marque cada uno de los rayos reflejados con una x (utilizando el color correspondiente) y trace la curvatura del espejo. Dibujar flechas que indiquen las direcciones de los rayos.
9. Gire 180° la hoja sobre el banco óptico y repita los pasos 7 y 8 para el lado convexo. Ubique el espejo en el punto 2.
10. Voltee la hoja de papel. Coloque el espejo aproximadamente en el centro del papel y repita los pasos 6, 7 y 8 utilizando la cara plana del espejo.
11. Desconecte la lámpara del transformador y dibuje los rayos reflejados.

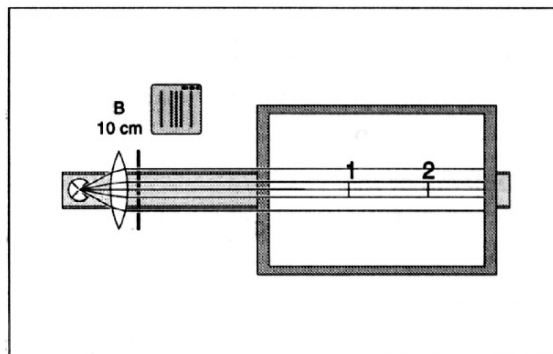


Fig. 2

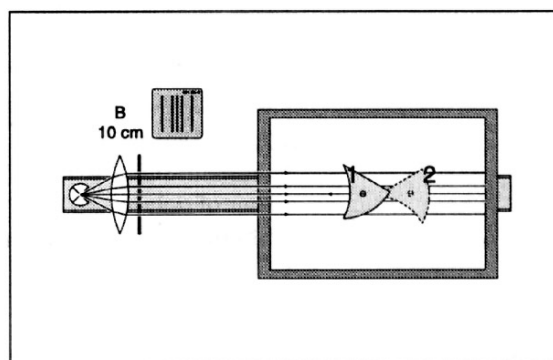


Fig. 3

NOTA:

Los dibujos de los estudiantes en el papel deben tener el aspecto de los esquemas de la Fig. 4

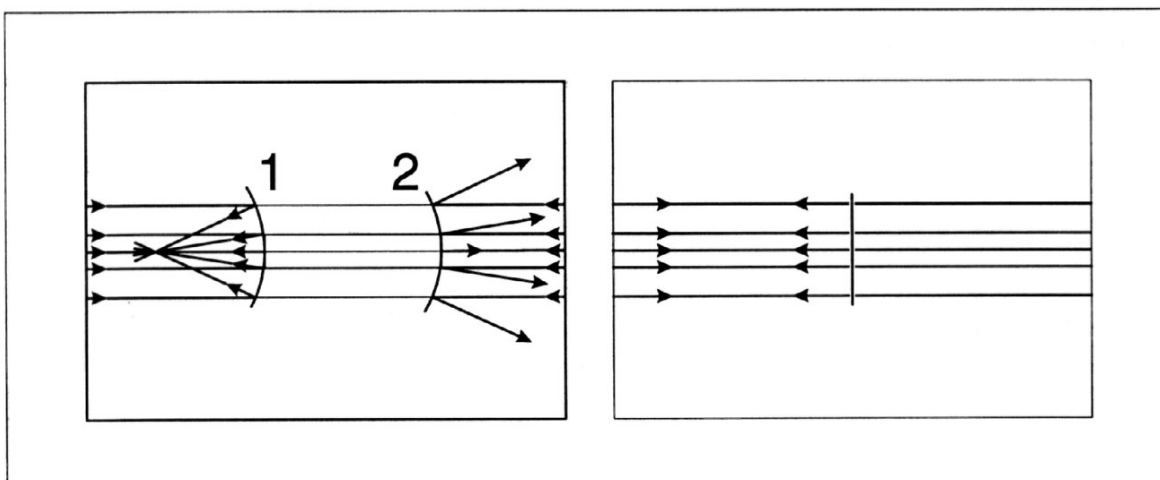


Fig. 4



Evaluación:

12. ¿Qué recorrido toman los rayos de luz paralelos que inciden perpendicularmente en un espejo plano?

Los rayos de luz se reflejan sobre si mismos.

13. ¿Qué recorrido toman los rayos de luz paralelos tras la reflexión en un espejo con curvatura hacia adentro (espejo cóncavo)?

Los rayos se luz convergen en un punto.

14. ¿Qué recorrido toman los rayos de luz paralelos tras la reflexión en un espejo con curvatura hacia afuera (espejo convexo)?

Los rayos de luz divergen.

Propiedades de un espejo cóncavo

- Ejercicio:**
- Encontrar el punto focal de un espejo cóncavo.
 - Observar la reflexión de rayos individuales en un espejo cóncavo.

- Objetivos del experimento**
- *Encontrar el punto focal y medir la distancia focal de un espejo cóncavo.*
 - *Estudiar la marcha de rayos específicos tras la reflexión en un espejo cóncavo.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Modelo de espejos combinados	459 41
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. Tapar las dos ranuras exteriores con las correderas de diafragma.
2. Preparar la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1 a y ponerla sobre la mesa óptica.

NOTA:

Señale hacia S en el tercio derecho del papel, que debe estar a aproximadamente 15 cm del borde izquierdo.

Compruebe que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

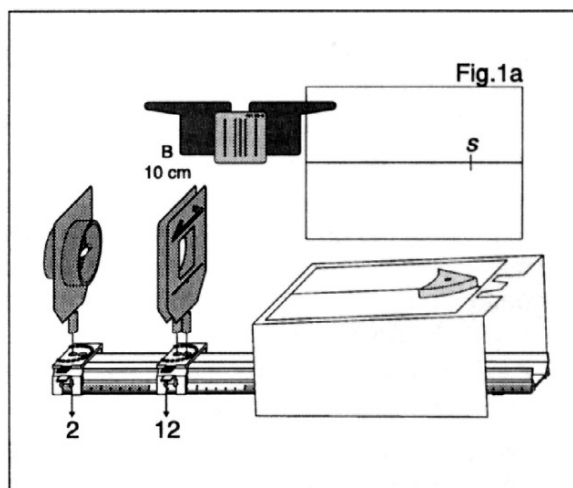


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).

NOTA:

El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical.

4. Ajustar la mesa de tal modo que el rayo del medio tome su recorrido sobre el eje óptico (línea media).
5. Coloque el espejo en el punto S y gírelo de forma tal que los tres rayos reflejados converjan en un punto sobre la línea central. La superficie del espejo debe permanecer siempre en S.
6. Marque la intersección (punto focal) y désignela con F. Retire el espejo del papel.
7. Mida la distancia F-S y escriba el valor en ► 14.

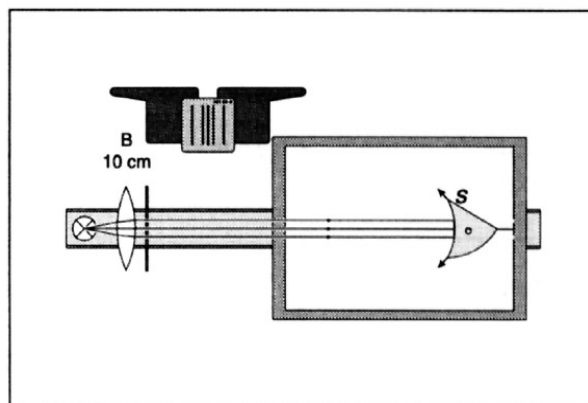


Fig. 2

Parte 2 del experimento

8. Dibuje el punto M. M es el centro de curvatura del espejo. Está situado sobre el eje óptico y su distancia a F es la misma existente entre F y S (Fig. 3).
9. Ajuste la mesa óptica y el espejo de la manera indicada en los pasos 4 y 5.
10. Bloquee las cuatro ranuras de la base y sólo deje libre la ranura exterior del diafragma, de manera que el rayo incida en el espejo como lo hace el rayo 1 de la Fig. 3.
11. ¿Qué recorrido toma el rayo reflejado? Escriba su respuesta en ► 15.
12. Ahora bloquee las cuatro ranuras de afuera de modo que sólo quede visible el rayo medio sobre el eje óptico (tal vez sea necesario verificar el ajuste). Mueva el papel de manera que el rayo incida en el espejo como los rayos 2, 3 y 4.

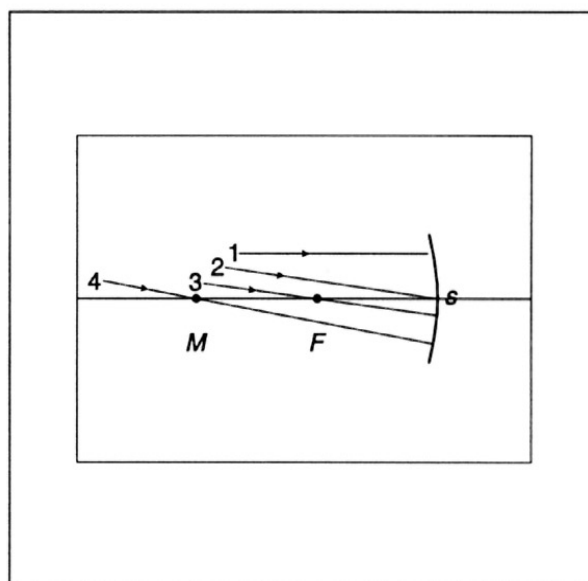


Fig. 3



Cuidado: el espejo debe mantener siempre su posición sobre el papel!

13. ¿Cuáles son las trayectorias de los rayos reflejados? Escriba su respuesta en ► 15.

NOTA:

Disponga los rayos cuidadosamente para que las trayectorias de los rayos reflejados puedan reconocerse fácilmente.

**Observaciones y mediciones:**14. Distancia de F a S: 5.9 cm**NOTA:***Se consideran tolerables las diferencias de hasta 2 mm.*

15.	Rayo N°	Descripción del rayo incidente	Recorrido del rayo reflejado
	1	Rayo paralelo	<i>Pasa por el punto focal "F"</i>
	2	Rayo del vértice	<i>Ángulo de incidencia = ángulo de reflexión</i>
	3	Rayo del foco	<i>Su trayectoria es paralela al eje óptico</i>
	4	Rayo del centro	<i>Se refleja en sí mismo</i>

Evaluación:

16. El punto F es el punto focal del espejo. ¿Como podemos llamar a la distancia de F a S?

La distancia de F a S es la distancia focal del espejo.

17. Dibuje los rayos reflejados en el siguiente diagrama:

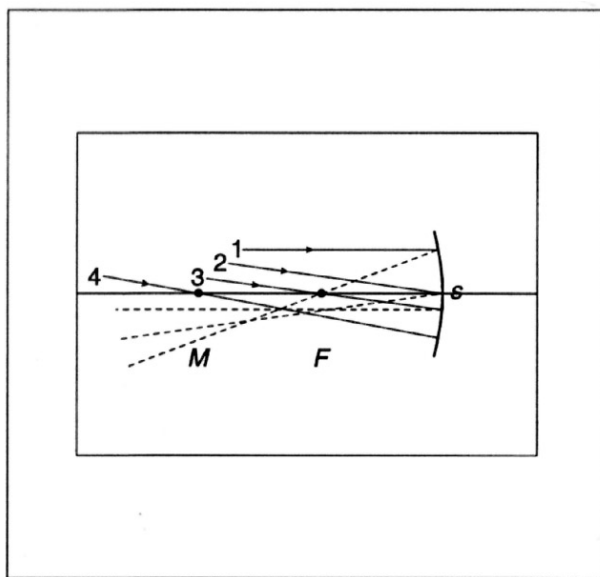


Fig. 4

18. Complete las siguientes oraciones con ayuda de la Fig. 4 y de la tabla:

Rige lo siguiente para un espejo cóncavo:

Los rayos paralelos inciden paralelamente al eje óptico;Luego de ser reflejados, pasan por el punto focal.Los rayos centrales se reflejan en sí mismos.



Notas para el profesor 4

Los rayos del foco atraviesan el punto focal antes de la reflexión
y marchan en forma paralela al eje óptico luego de la reflexión.

Para el rayo del vértice, el ángulo entre el eje óptico y el rayo incidente es igual al ángulo existente entre el eje óptico y el rayo reflejado.

vortex

Experimentos adicionales:

Formación de una imagen con ayuda de dos rayos marcados.

NOTA:

El espejo cóncavo es la sección de una esfera con radio r . Su distancia focal es $\frac{r}{2}$.

El espejo cóncavo se emplea en faros, como espejo para afeitarse o maquillarse, como espejo pequeño de los dentistas, en telescopios catóptricos, puesto que obra como una lente, pudiendo hacer converger la luz y producir imágenes. En la práctica se emplea generalmente, si las exigencias son algo mayores, en lugar del espejo esférico que hemos considerado aquí, el espejo parabólico.

Propiedades de un espejo convexo

Ejercicio: Encontrar el punto focal y la distancia focal de un espejo convexo.

Objetivo del experimento: • *Encontrar el punto focal y la distancia focal de un espejo convexo dibujando rayos (rayos paralelos).*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Modelo de espejos combinados	459 41
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A 5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico tal como se ve en la Fig. 1. Tapar las dos ranuras exteriores con las correderas de diafragma.
2. Prepare la hoja de papel como en la Fig. 1a y colóquela en la mesa óptica.

NOTA:

Señale hacia S en el tercio derecho del papel, que debe estar a aproximadamente 15 cm del borde izquierdo.

Compruebe que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

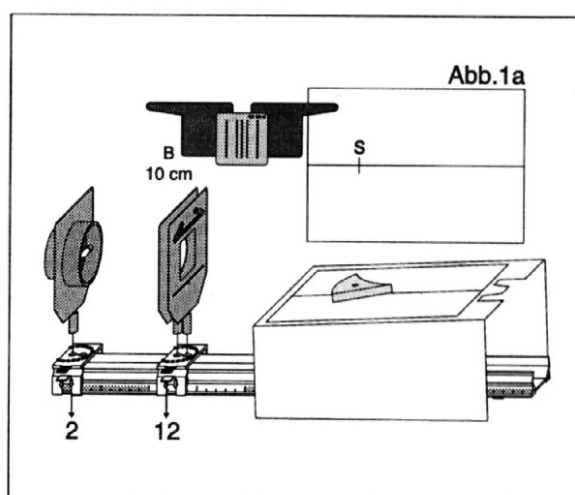


Fig. 1

Realización del experimento:

3. Conectar la lámpara al transformador (12 V). El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical.
4. Ajustar la mesa de tal modo que el rayo del medio tome su recorrido sobre el eje óptico (línea central).
5. Gire el espejo de forma tal que el rayo medio reflejado tome su recorrido igualmente sobre el eje óptico. La curvatura del espejo tendrá que estar apoyada en el punto S en todo momento.
6. Trace la curvatura del espejo.

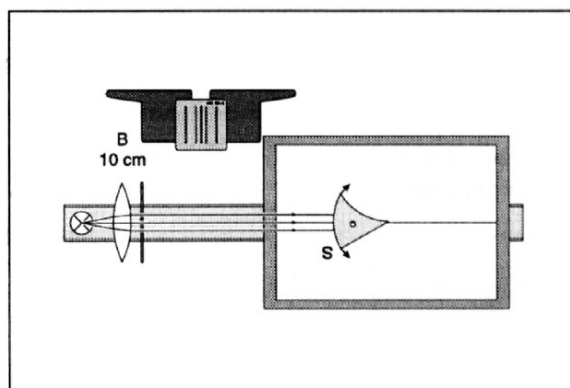


Fig. 2



Cuidado: no mover el espejo de su sitio!

7. Marque el rayo reflejado y el incidente con dos x.
8. Desconecte la lámpara del transformador y retire el espejo del papel.
9. Una las X que se pertenecen entre sí hasta la curvatura trazada del espejo.
10. Extienda las líneas de los rayos reflejados hasta que se intersequen (utilice un lápiz de color si es posible).

NOTA:

Si no se dispone de lápices de color, los estudiantes pueden marcar estos rayos extendidos con líneas de trazos interrumpidos.

11. Marque la intersección (punto focal) y désignela con F'; luego mida la distancia de F' a S. Escriba el valor en ► 12.

Observaciones y mediciones:

12. Distancia de F' a S: 5.9 cm.

NOTA:

Se toleran diferencias de hasta 2 mm.

Luego del experimento, el alumno deberá tener un esquema similar al de la derecha.

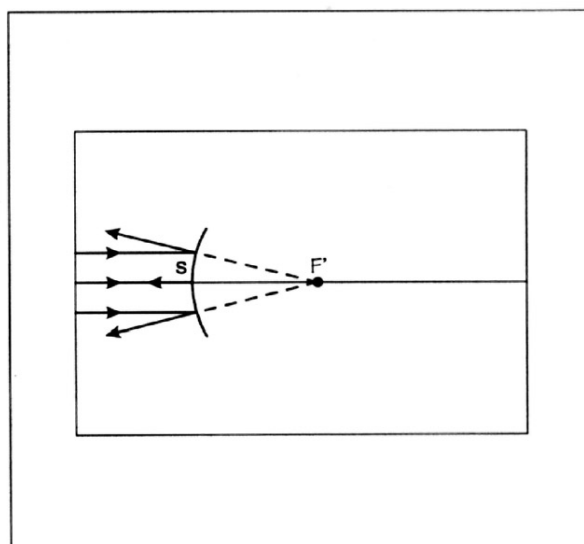


Fig. 3



Evaluación:

13. ¿Cómo son reflejados los rayos paralelos al eje en un espejo convexo?

Los rayos paralelos al eje óptico divergen luego de ser reflejados en un espejo convexo.

14. ¿Que podemos decir acerca de las prolongaciones de los rayos reflejados?

Los rayos prolongados se intersecan en un punto sobre el eje óptico.

15. La intersección de los rayos prolongados la hemos denominado foco F' . ¿Cómo se llama la distancia entre el foco F' y el vértice S ?

La distancia entre F' y S se llama distancia focal del espejo.

La distancia focal se designa con f .

16. ¿Atraviesan los rayos verdaderamente el foco, o aparentan sólo provenir desde éste?

Los rayos sólo aparentan provenir del foco.

Es por esta razón que se lo llama punto focal virtual. Esta situado detrás del espejo.

NOTA:

Punto focal virtual o aparente. Las distancias focales de los focos virtuales son siempre negativas.

Ley de la distancia focal de un espejo cóncavo

Ejercicio: Determinar la distancia focal de un espejo cóncavo

Objetivos del experimento:

- Determinar la distancia focal mediante un método gráfico (nomograma).
- Determinar la distancia de la imagen para una distancia del objeto dada y conociendo la distancia focal.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha	de 461 63
	1 Espejo convexo-cóncavo	459 71
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	ej. 562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Regla	

Montaje:

1. Colocar todos los elementos en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. La pantalla transparente se encuentra delante del banco. El filamento de la lámpara debe estar en posición vertical.
2. Insertar el espejo cóncavo en el jinetillo bajo un ángulo de 15°.

NOTA:

Situar el diafragma tipo flecha en la mitad del soporte para diafragmas y diapositivas. Se puede fijar adicionalmente un trozo de papel blanco a la pantalla transparente. Para evitar luz perturbadora producida por la lámpara, ubique la mesa óptica enfrente y junto a la lámpara.

Compruebe que la luz sea verdaderamente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06). No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa.

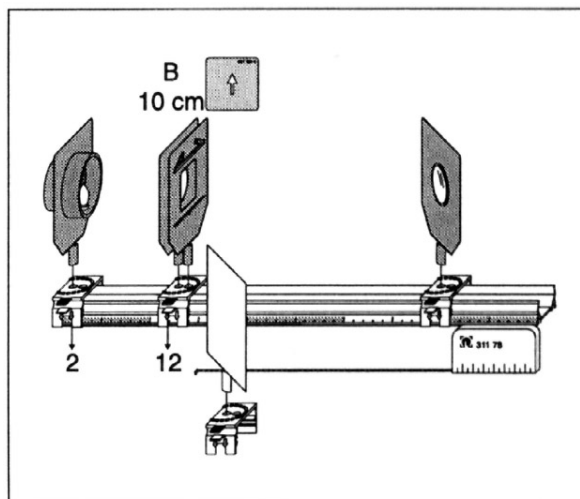


Fig. 1



Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Ajuste a $g = 30$ cm la distancia del objeto entre el diafragma y el espejo (compruebe esta distancia con la cinta métrica).

NOTA:

Mida la distancia "g" ubicando la cinta métrica en las flechas de los jinetillos con pinza.

5. Mueva la pantalla hasta que la imagen de la flecha sea nítida.
6. Mida la distancia de la imagen b entre el espejo y la pantalla con la cinta métrica y escriba el valor en ► 9.
7. Ajuste estas distancias del objeto una a continuación de la otra. $G = 25$ cm, 20 cm, 15 cm, y repita los pasos 5 y 6.
8. Desconecte la lámpara del transformador,

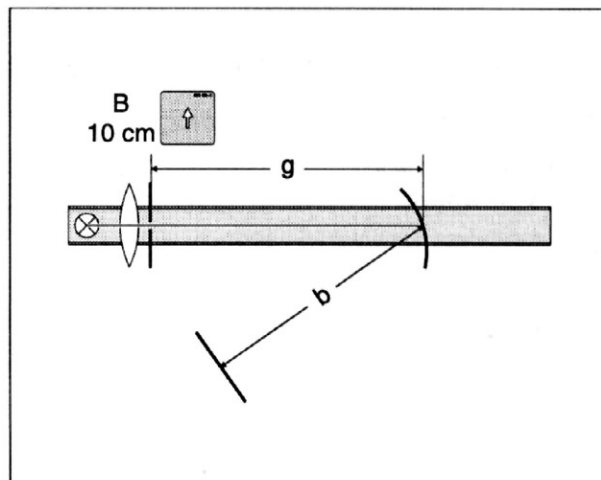


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

9.	Distancia del objeto	Distancia de la imagen
	$\frac{g}{\text{cm}}$	$\frac{b}{\text{cm}}$
	30	15
	25	17
	20	20
	15	35

Notas para el profesor 3

Evaluación:

10. Grafique en el sistema de coordenadas ► Fig. 3 los valores que figuran en la tabla y trace líneas rectas para unir los pares de valores.

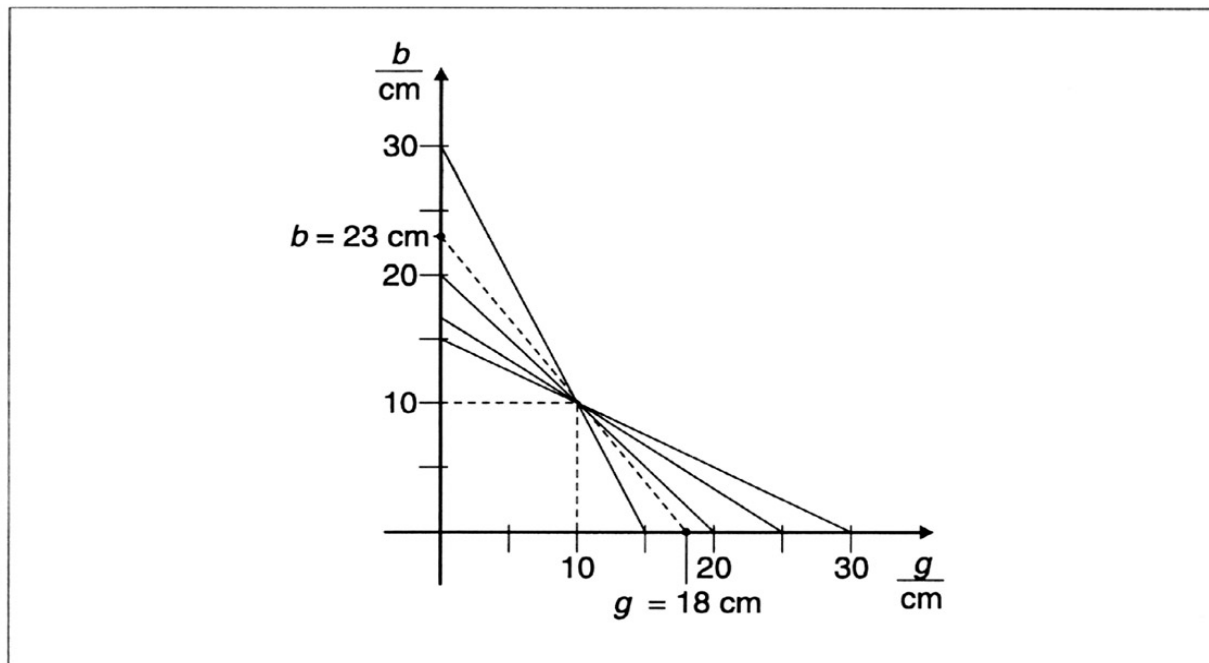


Fig. 3

11. Trace una línea perpendicular desde el punto de intersección de todas las líneas a cada uno de los ejes coordenados. Los puntos de intersección de estas líneas con el eje X o con el eje Y nos da la distancia focal. ¿Cuál es la distancia focal f del espejo cóncavo?

La distancia focal f del espejo cóncavo es $f = 10$ cm.

(Se toleran diferencias de hasta 5 mm).

12. ¿Cuál es la distancia b de la imagen para una distancia de objeto $g = 18$ cm? Una estos pares de valores con una línea de color.

La distancia b de la imagen para la distancia $g = 18$ cm del objeto es $b = 23$ cm.

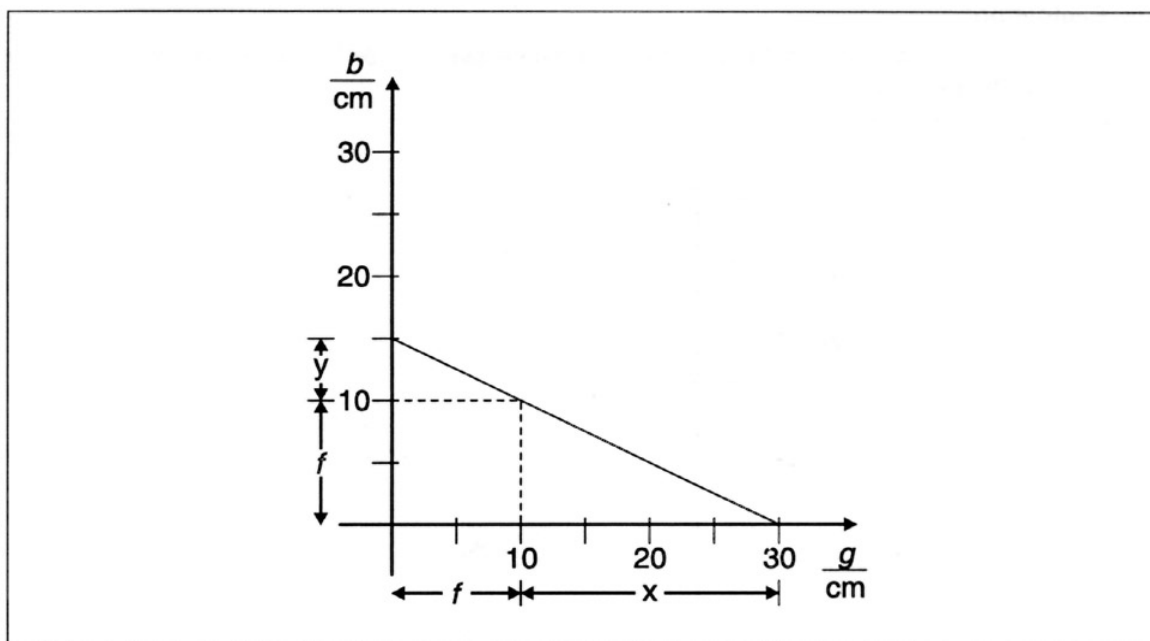


Fig. 4

NOTA:

Cuando se comparan los dos triángulos similares en el nomograma, podemos ver la relación

$$\frac{x}{f} = \frac{f}{y}$$

A partir de esta ecuación podemos deducir la ecuación para los espejos cóncavos $x \cdot y = f^2$ (Newton)

donde $x = g - f$
 $y = b - f$

Cuando introducimos estas sustracciones en la ecuación, tenemos

$$(g - f) \cdot (b - f) = f^2,$$

de lo que se obtiene

$$gb - gf - bf + f^2 = f^2$$

$$bf + gf = gb$$

A partir de esto podemos deducir la ley de los espejos cóncavos:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Imágenes en el espejo cóncavo

Ejercicio: Estudiar las imágenes en el espejo cóncavo con diferentes distancias del objeto

Objetivo del experimento • *Comprender la naturaleza y la orientación de la imagen en un espejo cóncavo con diferentes distancias del objeto*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha de	461 63
	1 Espejo convexo-cóncavo	459 71
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

1. Coloque todos los elementos en el banco óptico, tal como se ve en la Fig. 1. La pantalla transparente se encuentra delante del banco. La punta de la flecha (diafragma) señala hacia el costado.
2. Introducir el espejo cóncavo en el jinete bajo un ángulo de 15°.

NOTA:

Situar el diafragma tipo flecha en la mitad del soporte para diafragmas y diapositivas. Se puede fijar adicionalmente un trozo de papel blanco a la pantalla transparente. Para evitar luz perturbadora producida por la lámpara, ubique la mesa óptica el lado de la lámpara.

Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06). No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa.

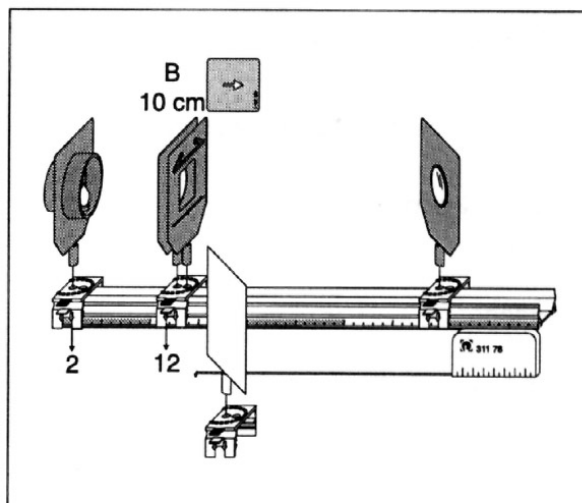


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Ajuste la distancia de objeto entre el diafragma y el espejo a $g = 25$ cm (controlar con la cinta métrica).
5. Desplazar la pantalla, hasta que la imagen de la flecha sea nítida.
6. Mirar por encima del espejo
 - a) hacia el objeto (flecha)
 - b) hacia la imagen.

Dibujar el objeto y la imagen en ► 11.

Parte 2 del experimento

7. Gire el diafragma de manera tal que la punta de la flecha apunte hacia arriba. Dibuje el objeto y la imagen en ► 12.
8. Repita el paso 6. Dibuje el objeto y la imagen en ► 12.

Parte 3 del experimento

9. Mida el tamaño de la imagen y escriba el valor en ► 13.
10. Repita el paso 9 para $g = 20$ cm y $g = 15$ cm.

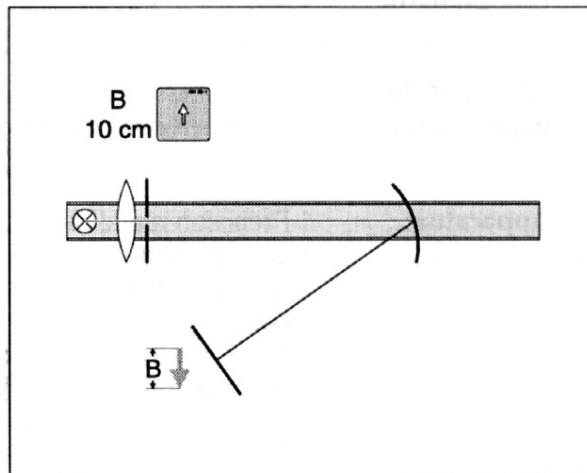


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

11. Parte 1 del experimento

Objeto. →

Imagen: ←

12. Parte 2 del experimento

Objeto: ↑

Imagen: ↓

13. Parte 3 del experimento

Distancia del objeto	$\frac{g}{\text{cm}}$	Tamaño de la imagen $\frac{B}{\text{cm}}$
Entre ∞ y $2f$	25	0.8
$2f$	20	1.0
Entre $2f$ y f	15	2.3



Notas para el profesor 3

Evaluación:

14. ¿Qué se puede decir sobre las imágenes en el espejo cóncavo para las distancias de objeto dadas?

La imagen en el espejo cóncavo es real

(puede verse en la pantalla),

esta de cabeza y tiene los lados invertidos (ver paso 17 para las excepciones).

15. ¿De que manera depende en la distancia del objeto el tamaño de la imagen de un espejo cóncavo?

Cuanto menor sea la distancia al objeto, mayor será la imagen.

16. El espejo plano origina imágenes virtuales. ¿Son virtuales o reales las imágenes observadas en los pasos 6 a 10?

Las imágenes son reales (pueden verse en la pantalla).

NOTA:

A ciertas distancias del objeto (ver experimento complementario), también aparecen imágenes virtuales en el espejo cóncavo.

17. Experimento complementario: extensión del paso 10 para distancias de objeto

$$g = \infty$$

$$g = f,$$

$$g < f$$

Resultados:

Tabla 2

Distancia del objeto	$\frac{g}{\text{cm}}$	Tamaño de la imagen $\frac{B}{\text{cm}}$	Descripción de la imagen
Infinito	100	-	Imagen puntual
Entre ∞ y $2f$	25	0.8	Invertida, real, reducida
$2f$	20	1.0	Invertida, real, del mismo tamaño
Entre $2f$ y f	15	2.3	Invertida, real, agrandada
F	10	-	No hay imagen
Menor que f	5	agrandada	De pie, virtual

Para las posiciones $g = f$ y $g < f$, no se observan imágenes reales nítidas y en foco. De todas maneras, debido a la catacaústica, se puede ver una imagen borrosa de la flecha a una pequeña distancia, pero no puede considerarse como una imagen real.

Sin embargo, se puede ver en el espejo una imagen virtual, muy nítida y agrandada, que desaparece tan pronto como g se hace mayor a f (Antes de realizar esta observación, disminuya el voltaje a 6 V para evitar deslumbramientos).

NOTA:

Los espejos cóncavos se utilizan por ejemplo como espejos de maquillaje.

Imágenes en un espejo convexo

Ejercicio: Estudiar las propiedades de las imágenes en un espejo convexo para diferentes distancias del objeto.

Objetivo del experimento • *Estudiar la orientación de la imagen y su tipo en un espejo convexo para diferentes distancias de objeto*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha de	461 63
	1 Espejo convexo-cóncavo	459 71
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. Ubique la pantalla transparente enfrente del banco óptico. La punta de la flecha (diafragma) señala hacia un costado.

NOTA:

Situar el diafragma tipo flecha en la mitad del soporte para diafragmas y diapositivas. Se puede fijar adicionalmente un trozo de papel blanco a la pantalla transparente.

2. Insertar el espejo convexo en el jinetillo girado en 15°.

NOTA:

No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa. Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

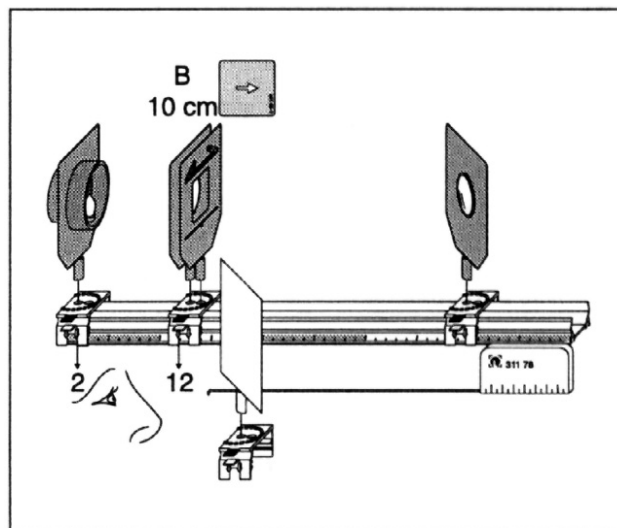


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

3. Conecte la lámpara al transformador (6 V).

NOTA:

En este experimento, la imagen del objeto (flecha) debe verse en el espejo, trabaje con 6 V para evitar deslumbramientos.

4. Ajuste la distancia del objeto entre el diafragma y el espejo a $g = 25$ cm (compruebe esta distancia con la cinta métrica)
5. Intente recoger la imagen con la pantalla (Fig. 2). Escriba lo observado en ► 10.

NOTA:

La imagen es virtual, entonces no es posible hacerla aparecer en la pantalla. Los alumnos deben mirar en el espejo (paso 6).

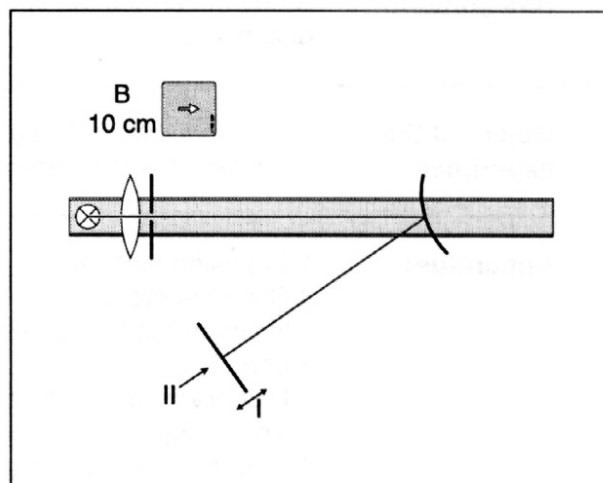


Fig. 2

Parte 2 del experimento

6. Mire al espejo por encima de la pantalla (Fig. 2). Dibuje el objeto y la imagen en ► 11.

Parte 3 del experimento

7. Gire el diafragma de modo tal que la punta de la flecha apunte hacia arriba.
8. Repita el paso 6. Dibuje el objeto y la imagen en ► 12.

Parte 4 del experimento

9. Observe la imagen en el espejo para las distancias de objeto dadas en el paso 13. Escriba lo observado sobre la orientación y el tamaño de la imagen en ► 13.

NOTA:

También se puede desplazar el espejo continuamente de atrás para adelante.

**Notas para el profesor 3****Observaciones y mediciones:****10. Parte 1 del experimento**

No se ve ninguna imagen en la pantalla.

La imagen es virtual y esta situada detrás del espejo.

11. Parte 2 del experimento

Objeto. →

Imagen: →

12. Parte 3 del experimento

Objeto: ↑

Imagen: ↑

13. Parte 4 del experimento

Distancia del objeto $\frac{g}{\text{cm}}$	Descripción de la imagen
25	<i>No esta invertida, de pie, reducida</i>
15	
10	
5	

Evaluación**13. ¿Qué podemos decir acerca de las imágenes en un espejo convexo?**

Las imágenes en el espejo convexo son siempre virtuales, no invertidas,

están de pie y reducidas.

14. Se puede decir que los espejos convexos agrandan el campo visual. ¿Qué significa esto?

En un espejo convexo se podrá ver una superficie mayor.

NOTA: Para responder esta pregunta, los alumnos deberán sostener espejos planos y convexos uno al lado del otro. Mediante la comparación se dará cuenta que el campo visual ha sido agrandado.

15. ¿Qué usos se le da comúnmente a los espejos convexos?

Los espejos convexos se utilizan en las intersecciones sin visibilidad de calles y carreteras

y como espejos retrovisores de automóviles y bicicletas.

Refracción luminosa en un cuerpo semicircular I

Ejercicio: Estudiar el comportamiento de los rayos luminosos al pasar del aire al vidrio

Objetivos del experimento

- Estudiar la refracción de la luz al pasar del aire al vidrio (vidrio acrílico)
- Experimento complementario (opcional): cálculo del índice de refracción n del vidrio acrílico

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1
2. Prepare la hoja de papel tal como se muestra en la Fig. 1 a y póngala en la mesa óptica.
3. Ubique el cuerpo semicircular sobre el papel con su lado plano exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas, y con la superficie de color mate hacia abajo.

NOTA:

No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa.
Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

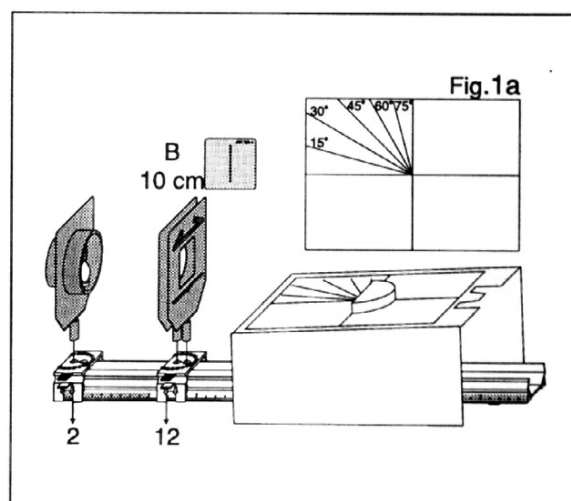


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. El rayo luminoso debe marchar sobre la línea central (eje de incidencia).
Ajuste el cuerpo semicircular de manera tal que el rayo luminoso, después del paso a través del mismo, continúe con su trayectoria sobre dicho eje de incidencia (Fig. 2).

NOTA:

Puede trazarse en un papel la posición del cuerpo semicircular. Sin embargo, si se mueve el cuerpo semicircular durante el experimento, siempre debe estar ubicado como se describe en el paso 5.

6. Gire el papel de forma que el rayo luminoso incida en el cuerpo semicircular bajo un ángulo de incidencia $\alpha = 15^\circ$ (Fig. 3).
7. Marque el recorrido del rayo luminoso refractado mediante 2 crucecitas.



Precaución: no mover el cuerpo semicircular.

8. Repita los pasos 6 y 7 para los ángulos de incidencia $\alpha = 30, 45^\circ, 60^\circ$ y 75° .
9. Desconecte la lámpara del transformador y retire el cuerpo semicircular del papel.
10. Una entre sí, mediante líneas, cada cruz con su pareja.
11. Mida el ángulo β (entre el rayo refractado y el eje de emergencia). Este ángulo también se llama "ángulo de refracción". Escriba los valores en ► tabla 12.

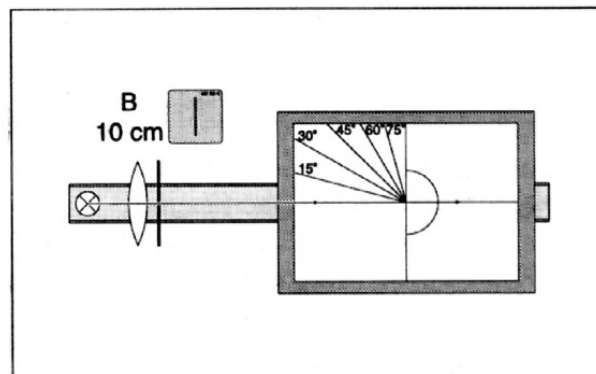


Fig. 2

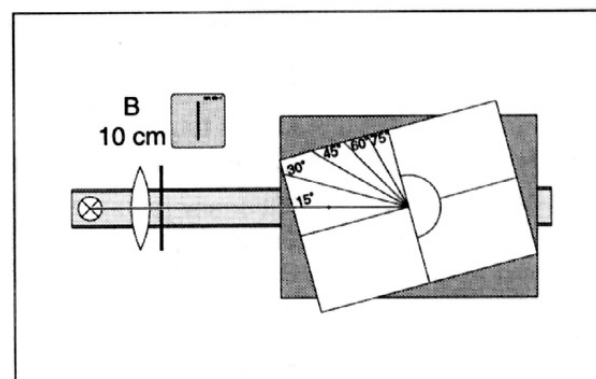


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

12.	Ángulo de incidencia α	Ángulo de refracción β
	0°	0°
	15°	10°
	30°	19°
	45°	28°
	60°	35°
	75°	40°

NOTA:

Las diferencias no deberán ser mayores a 1° . De haberlas, no se ha trabajado con suficiente esmero.



Notas para el profesor 3

Evaluación:

13. Compare los ángulos de incidencia α y los ángulos de refracción β de la tabla.

El ángulo de refracción es siempre menor que el ángulo de incidencia.

14. ¿Cómo se comportan los rayos luminosos al atravesar la superficie de separación entre los medios aire y vidrio?

Los rayos luminosos se refractan (se quiebran) cuando pasan por la superficie de separación entre los medios aire y vidrio.

15. Complete la siguiente afirmación (llene en el espacio en blanco):

Al pasar del aire al vidrio, los rayos luminosos se refractan hacia el eje óptico.



Experimento complementario:

Cálculo del índice de refracción

Dibuje un círculo (por ej. con el mismo radio que el del cuerpo semicilíndrico $r = 3 \text{ cm}$) en torno al punto de intersección de los ejes y mida las longitudes de las mitades de las cuerdas a y b (ver Fig. 4 para los ángulos individuales).

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{a}{r}}{\frac{b}{r}} = \frac{a}{b}$$

Se completa la tabla para incluir los ángulos de refracción en la transición del aire al vidrio:

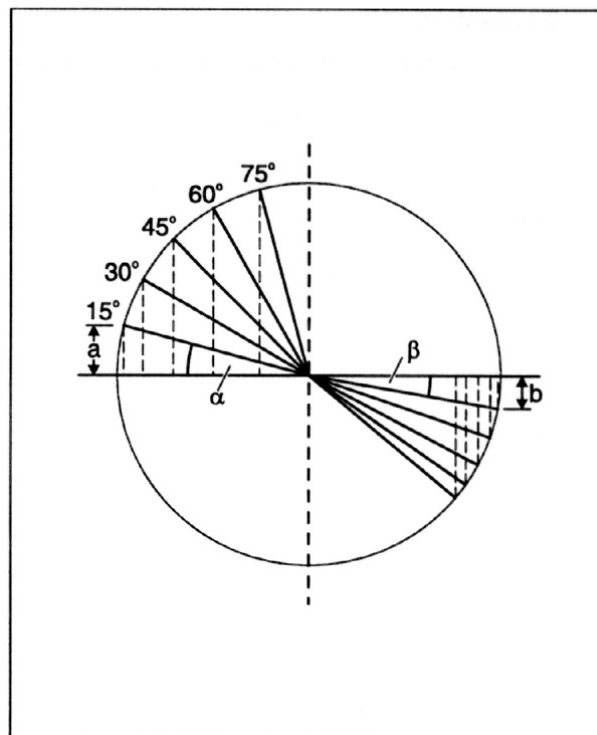


Fig. 4

Ángulo de incidencia α	Ángulo de refracción β	$\frac{a}{\text{cm}}$	$\frac{b}{\text{cm}}$	$n = \frac{a}{b}$
0°	0°	0.00	0.00	0.00
15°	10°	0.85	0.55	1.55
30°	19°	1.55	1.00	1.55
45°	28°	2.15	1.40	1.54
60°	35°	2.60	1.70	1.53
75°	40°	2.95	1.95	1.51

Entre otros fenómenos, la refracción de la luz da lugar a las siguientes observaciones, que se prestan como experimentos demostrativos:

- Acortamiento de una distancia (aparente levantamiento de un objeto en el agua)
- Dobleces (de por ejemplo un remo o una varilla que se introduce en el agua)
- Corrimiento o desplazamiento (mirada a través de un vidrio grueso)

Refracción luminosa en un cuerpo semicircular II

Ejercicio: Estudiar el comportamiento de los rayos luminosos al pasar del aire al vidrio

Objetivo del experimento

- *Estudiar la refracción de la luz al pasar del vidrio (vidrio acrílico) al aire.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1
2. Prepare la hoja de papel tal como se muestra en la Fig. 1 a y póngala en la mesa óptica.
3. Ubique el cuerpo semicircular sobre el papel con su lado plano exactamente sobre la línea corta del las líneas cruzadas, y con la superficie de color mate hacia abajo.

NOTA:

No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa. Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

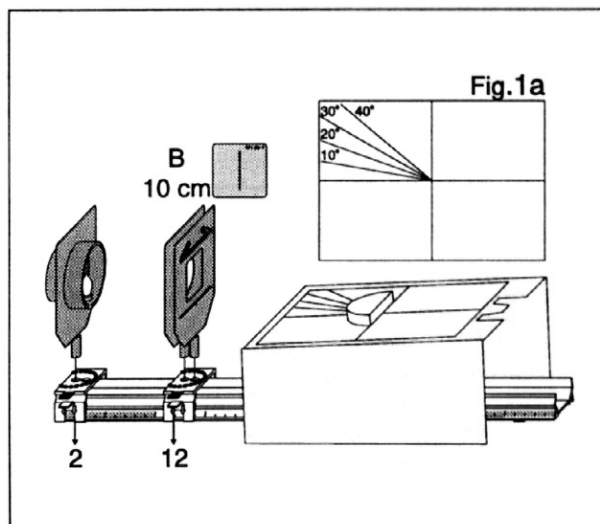


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. El rayo luminoso debe marchar sobre la línea central (eje de incidencia).
6. Ajuste el cuerpo semicircular de manera tal que el rayo luminoso, después del paso a través del mismo, continúe con su trayectoria sobre dicho eje de incidencia (Fig. 2).

NOTA:

Puede trazarse en un papel la posición del cuerpo semicircular. Sin embargo, si se mueve el cuerpo semicircular durante el experimento, siempre debe estar ubicado como se describe en el paso 5.

7. Gire el papel de forma que el rayo luminoso incida en el cuerpo semicircular bajo un ángulo de incidencia $\alpha = 10^\circ$ (Fig. 3).



Precaución: no mover el cuerpo semicircular!

8. Marque el rayo luminoso refractado mediante 2 crucecitas.
9. Repita los pasos 7 y 8 para los ángulos de incidencia $\alpha = 20, 30^\circ$ y 40° .
10. Desconecte la lámpara del transformador y retire el cuerpo semicilíndrico del papel.
11. Una entre sí, mediante líneas, cada cruz con su pareja.
12. Mida el ángulo β (entre el rayo refractado y el eje de emergencia). Este ángulo también se llama "ángulo de refracción". Escriba los valores en ▶ tabla 13.

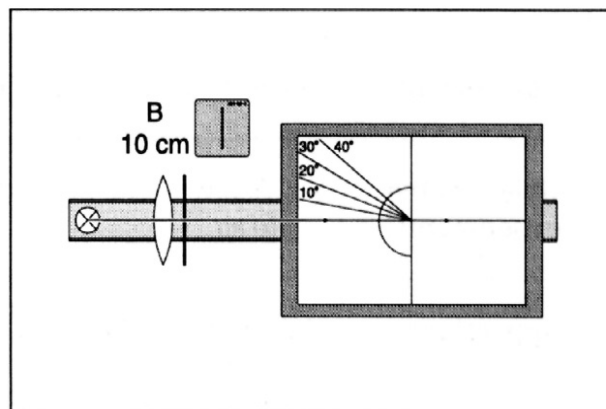


Fig. 2

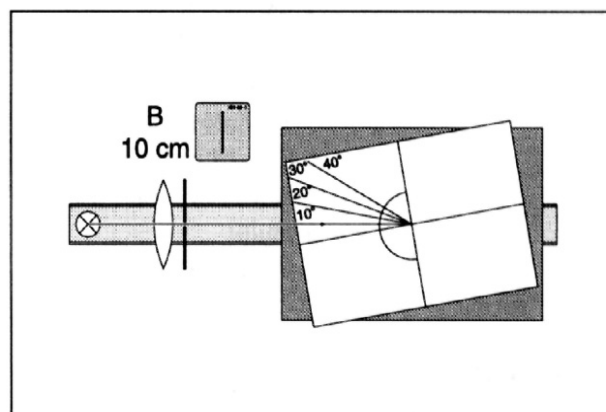


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

13.	Ángulo de incidencia α	Ángulo de refracción β
	0°	0°
	10°	14.5°
	20°	30.0°
	30°	47.5°
	40°	75.0°

NOTA:

Las diferencias no deberán ser mayores a 1° . De haberlas, no se ha trabajado con suficiente esmero.



Notas para el profesor 3

Evaluación:

14. Compare los ángulos de incidencia α y los ángulos de refracción β de la tabla.

El ángulo de refracción es siempre mayor que el ángulo de incidencia.

15. ¿Cómo se comportan los rayos luminosos al atravesar la superficie de separación entre los medios vidrio y aire?

Los rayos luminosos se refractan (se quiebran) cuando pasan por la superficie de separación entre los medios vidrio y aire.

16. Al pasar del vidrio al aire, los rayos luminosos se refractan alejándose del eje óptico.

NOTA:

El brillo del rayo refractado siempre disminuye al aumentar el ángulo de incidencia, ya que una parte de la luz siempre es reflejada en la superficie de separación. Si el ángulo supera los 45° , se reflejará la totalidad de la luz. En este caso se habla de "reflexión total".

Reflexión total

Ejercicio: Estudiar el comportamiento de un rayo luminoso al pasar del vidrio al aire siendo el ángulo de incidencia superior a 40°

Objetivo del experimento

- Determinar el ángulo límite para la reflexión total (para el vidrio acrílico)

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	

Montaje:

- Coloque todos los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1
- Prepare la hoja de papel tal como se muestra en la Fig. 1 a y póngala en la mesa óptica.
- Ubique el cuerpo semicircular sobre el papel con su lado plano exactamente sobre la línea corta del las líneas cruzadas (► Fig. 1). La superficie de color mate debe ir hacia abajo.

NOTA:

No exponga el sitio de trabajo a la luz solar directa. Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

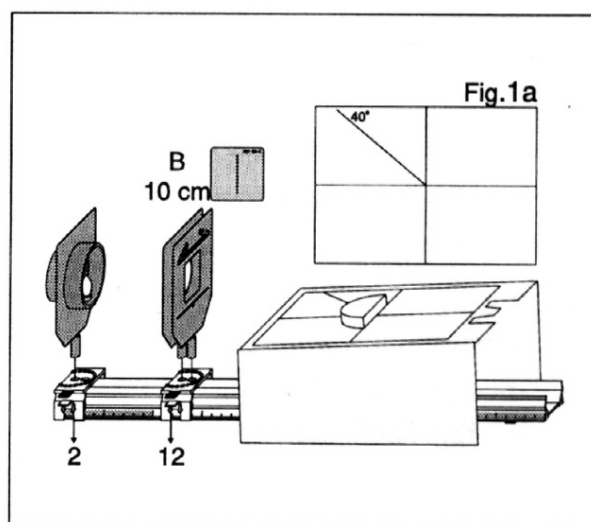


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. El rayo luminoso debe marchar sobre la línea central (eje de incidencia).
6. Ajuste el cuerpo semicircular de manera tal que el rayo luminoso, después del paso a través del mismo, continúe con su trayectoria sobre dicho eje óptico (Fig. 2).



Precaución: no mover el cuerpo semicircular durante este ajuste.

NOTA:

Puede trazarse en el papel la posición del cuerpo semicircular para registro del experimento.

7. Gire el papel de forma que el rayo luminoso incida en el cuerpo semicircular bajo un ángulo de incidencia $\alpha = 40^\circ$ (Fig. 3).
8. ¿Qué rayos luminosos se pueden ver? Apunte lo observado en ► 14.

Parte 2 del experimento

9. Aumente el ángulo de incidencia α y observe el rayo refractado.



Atención: el rayo incidente siempre debe marchar a través de la intersección de los ejes.

10. Marque el rayo incidente y el reflejado al momento en que ya no se pueda ver más rayo refractado alguno.
11. Desconecte la lámpara del transformador y retire el cuerpo semicircular del papel.
12. Una entre sí, mediante líneas, cada cruz con su pareja.
13. Mida el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión y escriba los valores en ► 15.

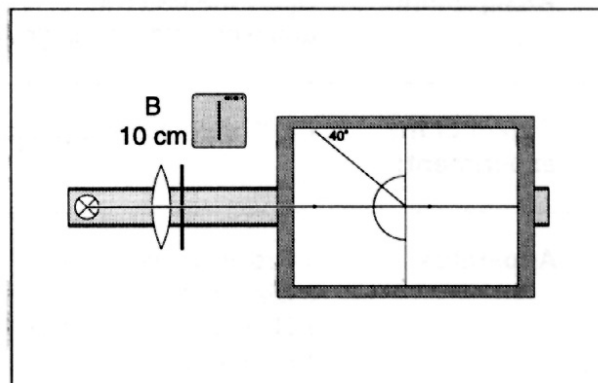


Fig. 2

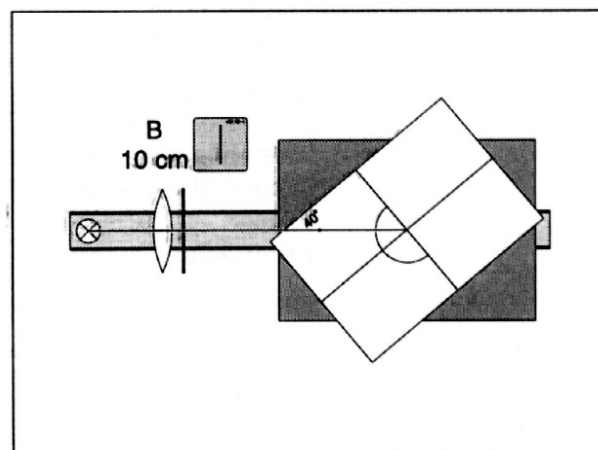


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

14. **Parte 1 del experimento**
¿Qué rayos pueden verse?

El rayo incidente

El rayo refractado

El rayo reflejado

15. **Parte 2 del experimento**

Ángulo de incidencia: 42°

Ángulo de reflexión: 42°



Notas para el profesor 3

Evaluación:

16. ¿Qué se puede decir en cuanto a un rayo de luz que incide en la superficie de separación de los medios vidrio – aire cuando el ángulo de incidencia es menor que el ángulo medido en el paso 13?

El rayo de luz se quiebra en la superficie de separación.

Una parte penetra en el medio menos denso y es desviado al mismo tiempo,

siendo alejado de la perpendicular.

La otra parte es reflejada en la superficie de separación.

17. ¿Qué se puede decir en cuanto a un rayo de luz que incide en la superficie de separación de los medios vidrio – aire cuando el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo medido en el paso 13?

No habrá refracción; se reflejará la totalidad de la luz.

18. ¿Cómo denominamos a este ángulo?

A este ángulo lo denominamos ángulo límite de la reflexión total.

19. ¿Qué ley se aplica para el rayo luminoso reflejado?

Ley de la reflexión: ángulo de incidencia = ángulo de reflexión.

NOTA:

La reflexión total se presenta frecuentemente en los días calurosos de verano. En este caso una carretera pavimentada dará la impresión como si estuviera cubierta por una capa de agua. Este fenómeno también se presenta en el desierto; en este caso se lo llama “espejismo”.

La reflexión total halla su principal aplicación en fotoconductores (conductores de luz).

Refracción en una placa de caras planas paralelas

Ejercicio: Observar un rayo luminoso al atravesar una placa de caras planas paralelas.

Objetivos del experimento

- Estudiar la marcha de los rayos dentro y fuera de la placa de caras planas paralelas.
- Medir el desvío paralelo del rayo luminoso.
- Entender como depende el desvío paralelo en el ángulo de incidencia.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo trapezoidal	459 44
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se indica en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel tal como se muestra en la Fig. 1 a y póngala en la mesa óptica.
3. Ubique el cuerpo trapezoidal con la base corta exactamente sobre el lado más corto de las líneas cruzadas.
Asegúrese de que el lado de color mate esté hacia abajo, para poder así observar la marcha de los rayos por dentro del cuerpo trapezoidal.
4. Dibujar la línea a (Fig. 2) a lo largo del lado de mayor longitud del cuerpo trapezoidal.

NOTA:

Compruebe que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

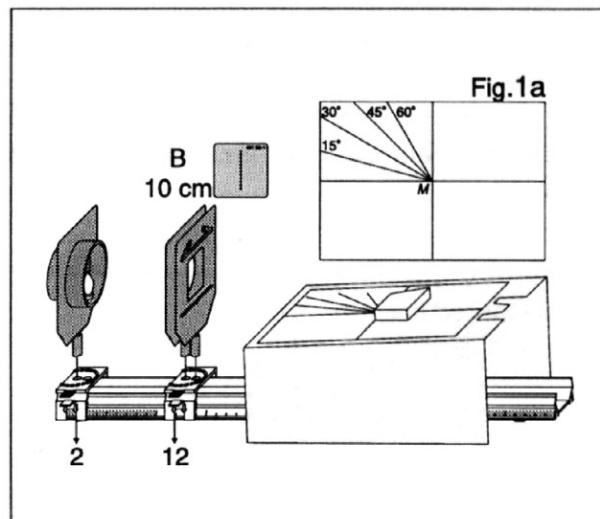


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

5. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
6. Gire el papel de forma tal que el rayo luminoso incida bajo el ángulo de incidencia $\alpha = 60^\circ$ (Fig. 2).
7. Describa qué le sucede a la luz al transitar de una superficie a la otra. ¿En que superficie de separación se desviará el rayo luminoso en dirección hacia la perpendicular, y en que superficie de separación será desviado alejándolo de la perpendicular? Escriba lo observado en ► 13.

NOTA:

Oscurezca algo la sala para poder observar fácilmente la marcha de los rayos a través del cuerpo trapezoidal.

Parte 2 del experimento:

8. Marque el rayo emergente con dos cruces.
9. Repita el paso 8 para los ángulos $\alpha = 45^\circ, 30^\circ$ y 15° .
10. Desconecte la lámpara del transformador y retire el cuerpo trapezoidal de la mesa.
11. Trazar una línea recta que una las crucecitas que formen pareja hasta la línea a (ver Fig. 3), y desde ahí una recta hasta el punto M. Hacerlo utilizando un lápiz de color.
12. Mida el desvío "V" entre el rayo original y el rayo refractado y escriba este valor en ► 14.

NOTA:

Los rayos refractados deben dibujarse con colores o mediante líneas a trazos interrumpidos.

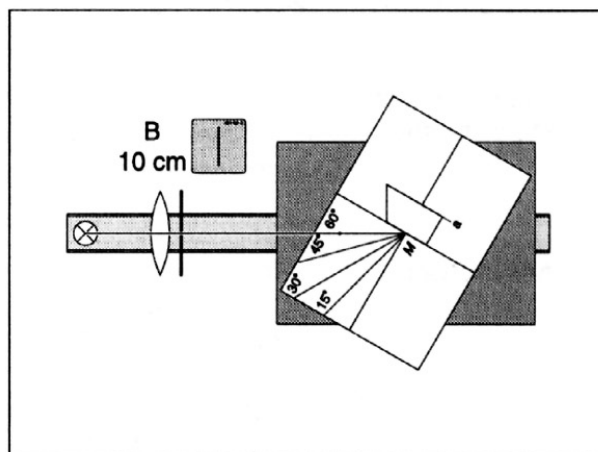


Fig. 2

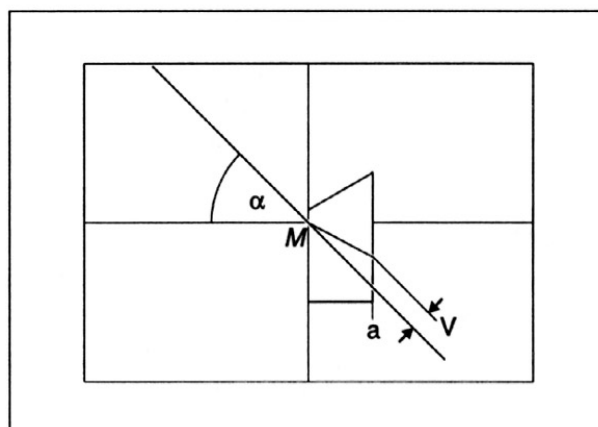


Fig. 3

Notas para el profesor 3
Observaciones y mediciones:
13. Parte 1 del experimento

Superficie de separación aire- vidrio:

El rayo luminoso se refracta en dirección hacia el eje óptico.

Superficie de separación vidrio – aire:

El rayo luminoso se refracta alejándose del eje óptico.

14. Parte 2 del experimento

Ángulo de incidencia α	0°	15°	30°	45°	60°
Desvío $\frac{V}{\text{mm}}$	0	2	6	10	15

NOTA:

Precisión: son tolerables diferencias de hasta 0.5 mm cuando se mide V (esto corresponde a un error de 25% a 15°).

Evaluación:

15. ¿Qué puede decirse sobre la dirección del rayo luminoso por delante y por detrás de una placa de caras planas paralelas?

Los rayos luminosos que pasan a través de una placa de caras planas paralelas no cambian su dirección.

Sólo se desvía en forma paralela.

16. ¿Qué influencia tiene el ángulo de incidencia en el desvío de un rayo luminoso al atravesar una placa de caras planas paralelas?

El desvío paralelo aumenta con el ángulo de incidencia.



Refracción en medios diferentes en una placa de caras planas paralelas y en una celda rectangular

- Ejercicio:**
- Observar el paso de un rayo luminoso por la superficie de separación entre vidrio acrílico y agua.
 - Comparar el desvío paralelo para los dos medios.

- Objetivos del experimento:**
- Medir el desvío paralelo de un rayo luminoso cuando pasa por superficies de separación paralelas
 - a) de vidrio acrílico (cuerpo trapezoidal)
 - b) de agua (celda rectangular).
 - Medir el desvío paralelo de un rayo luminoso para medios de grosor simple y doble

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo trapezoidal	459 44
	1 Celda rectangular	459 51
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

1 Transportador de ángulos

Agua

Notas para el profesor 2

1 Parte 1 del experimento: desvío paralelo en medios diferentes

Montaje:

- 1.1 Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
- 1.2 Prepare la hoja de papel como se indica en la Fig. 1a y colóquela en el banco óptico. Dibuje el ángulo $\alpha = 40^\circ$ en la intersección M.
- 1.3 Ubique el cuerpo trapezoidal de manera tal que el lado paralelo corto esté exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas.
- 1.4 Trace los lados rectos (de ángulos rectos) del cuerpo trapezoidal (► Fig. 2).

NOTA:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

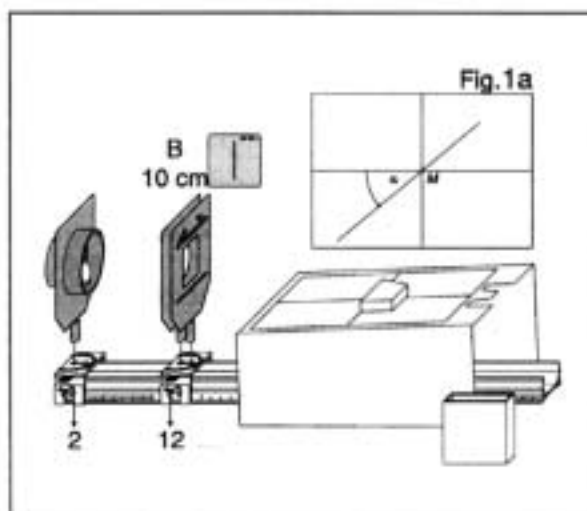


Fig. 1

Realización del experimento:

- 1.5 Conecte la lámpara al transformador (12 V).
- 1.6 Gire el papel de modo tal que el rayo luminoso incida en el cuerpo trapezoidal bajo un ángulo de $\alpha = 40^\circ$.
- 1.7 Marque el rayo por detrás del cuerpo trapezoidal con dos cruces.
- 1.8 Retire el cuerpo trapezoidal del papel y dibuje una línea recta para ese rayo hasta el lado de mayor longitud del contorno, y desde allí otra línea recta hasta el punto M. (Fig. 2).
- 1.9 Mida el desvío paralelo V_1 para el vidrio acrílico y escriba el valor en ► 1.13 (ver además experimento 23).
- 1.10 Rellene la celda rectangular con agua y colóquela sobre las líneas trazadas del cuerpo trapezoidal (exactamente en la línea corta de los ejes cruzados).
- 1.11 Repita los pasos 1.6 a 1.9 para la celda rectangular con agua, mida V_2 para el agua y escriba el valor en ► 1.13.

NOTA:

Dependiendo de las condiciones de luz, puede ver un rayo corto de 5 a 8 mm de longitud paralelo al rayo que pasa por detrás de la celda rectangular. Este rayo se debe a la refracción en la placa de la base.

- 1.12 Desconecte la lámpara del transformador y retire la celda rectangular de la mesa óptica.

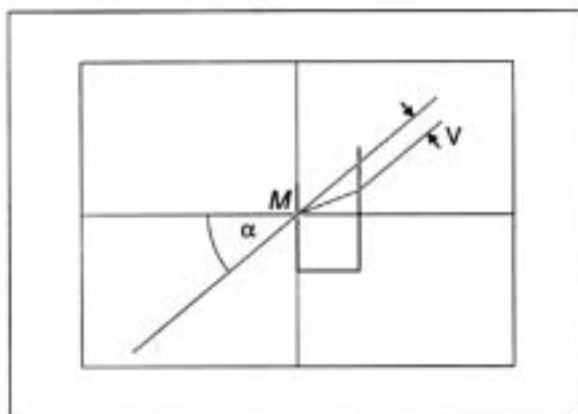


Fig. 2



Óptica
Óptica Geométrica

5.2.4.5

Notas para el profesor 3

Observaciones y mediciones:

1.13 El desvío paralelo para el vidrio acrílico es $V_1 = \underline{8.5}$ mm,
para el agua $V_2 = \underline{7}$ mm.

Evaluación:

1.14 Compare los desvíos paralelos para el vidrio acrílico y para el agua:

El desvío paralelo en el vidrio acrílico es mayor que en el agua.

Notas para el profesor 4

2 Parte 2 del experimento: desvío paralelo para diferentes espesores

Montaje:

- 2.1 Arme el experimento de la misma manera que para la parte 1 del experimento (▶ pasos 1.1 y 1.2), pero aquí con $\alpha = 25^\circ$ (Fig. 3a).
- 2.2 Rellene la celda rectangular con agua y colóquela exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas (▶ Fig. 3).
- 2.3 Trace el contorno de la celda rectangular.

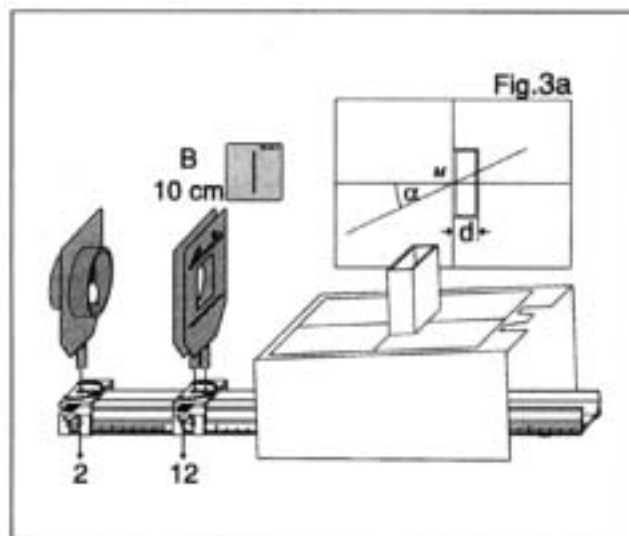


Fig. 3

Realización del experimento:

- 2.4 Repita los pasos 1.5 – 1.9 para la celda rectangular con agua con un ángulo $\alpha = 25^\circ$.
- 2.5 Mida el desvío paralelo V y escriba el valor en ▶ tabla 2.8, en la columna $d = 30$ mm.
- 2.6 Gire la celda rectangular 90° y ubíquela de tal manera que los rayos incidente y emergente pasen por los lados cortos de la celda rectangular (▶ Fig. 4).
- 2.7 Mida el desvío paralelo V y escriba el valor en ▶ tabla 2.8, en la columna $d = 60$ mm.

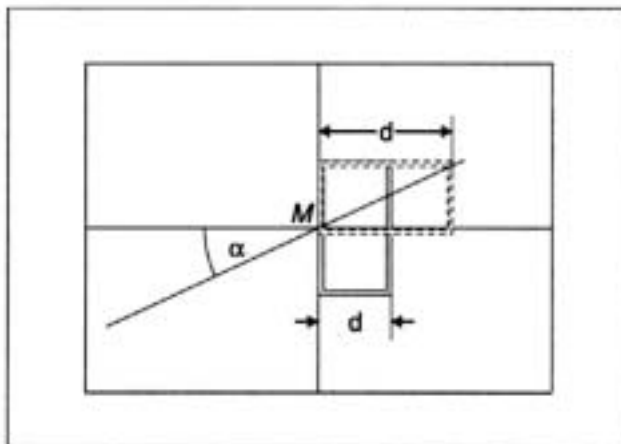


Fig. 4

Observaciones y mediciones:

2.8 Tabla

$\frac{d}{\text{mm}}$	30	60
$\frac{V}{\text{mm}}$	$\cong 4$	7



Evaluación:

2.9 ¿Qué sucede con los desvíos paralelos cuando varía el espesor del medio?

V se duplica cuando el espesor del medio es igual al doble.

NOTA:

Las diferencias en los resultados de la medición se deben a las paredes laterales de la celda rectangular.

2.10 ¿Cuáles de los factores conocidos afectan al desvío paralelo?

El desvío paralelo depende de:

a) *el ángulo de incidencia α ,*

b) *el material (índice de refracción) y*

c) *el espesor del medio.*

NOTA:

Ejercicio complementario: cálculo del índice de refracción

Para hacer esto, mida el ángulo de refracción β :

para el vidrio acrílico, $\beta_1 = 25^\circ$,

para el agua, $\beta_2 = 28^\circ$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \alpha = 40^\circ$$

$$n_1 = \frac{\sin 40^\circ}{\sin 25^\circ}$$

$n_1 = 1.52$ (en teoría 1.49) para el vidrio acrílico

$$n_2 = \frac{\sin 40^\circ}{\sin 28^\circ}$$

$n_2 = 1.37$ (en teoría 1.33) para el agua

Refracción en medios diferentes para una celda semicircular y un cuerpo semicircular

Ejercicio: Observar el paso de un rayo luminoso del aire al vidrio acrílico y del aire al agua

Objetivos del experimento

- Medir y comparar los ángulos de incidencia y refracción
- Experimento complementario: cálculo del índice de refracción n del vidrio acrílico y del agua

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular.	459 45
	1 Celda semicircular	459 52
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Transportador de ángulos	
	Agua	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se indica en la Fig. 1 a y colóquela en el banco óptico. La línea de mayor longitud es el eje de incidencia en este experimento.
3. Dibuje el ángulo $\alpha = 40^\circ$ en la intersección (► Fig. 1 a).
4. Ubique el cuerpo trapezoidal de manera tal que el lado plano esté exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas. La superficie de color mate debe ir hacia abajo.

NOTA:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

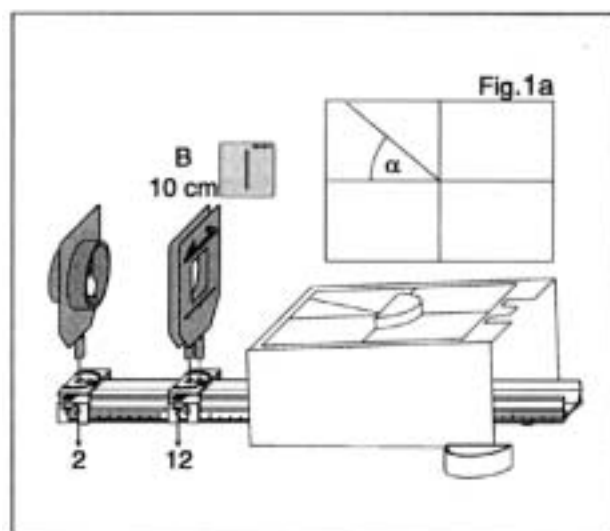


Fig. 1

Realización del experimento:

5. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
6. Ajuste la mesa óptica de manera que el rayo luminoso marche a lo largo del eje óptico (eje de incidencia).
7. Ajuste el cuerpo semicircular de modo que el haz de luz marche a lo largo del eje óptico después de pasar por el cuerpo semicircular (► Fig. 2). Asegúrese de que el lado plano siempre se encuentre exactamente sobre la línea de menor longitud.



No mueva el cuerpo semicircular al realizar esto.

8. Gire el papel de tal manera que el rayo luminoso incida en el cuerpo semicircular bajo un ángulo de $\alpha = 40^\circ$.
9. Marque el rayo refractado con una x.
10. Retire el cuerpo semicircular del papel y dibuje el rayo refractado comenzado desde la x.
11. Mida el ángulo de refracción β (entre el rayo refractado y el eje óptico) y escriba el valor en ► tabla 14.
12. Llene con agua la celda semicircular y repita los pasos 7 a 11 utilizando la celda semicircular con agua.

NOTA:

También en el caso de la celda semicircular, puede verse cerca del rayo refractado un rayo corto originado por la refracción en la base de la celda. Los estudiantes deberán ignorar esto. Sin embargo, puede verse fácilmente que este rayo se encuentra sobre el rayo refractado, ya dibujado por los alumnos, para el vidrio acrílico.

13. Desconecte la lámpara del transformador y retire la celda semicircular del papel.

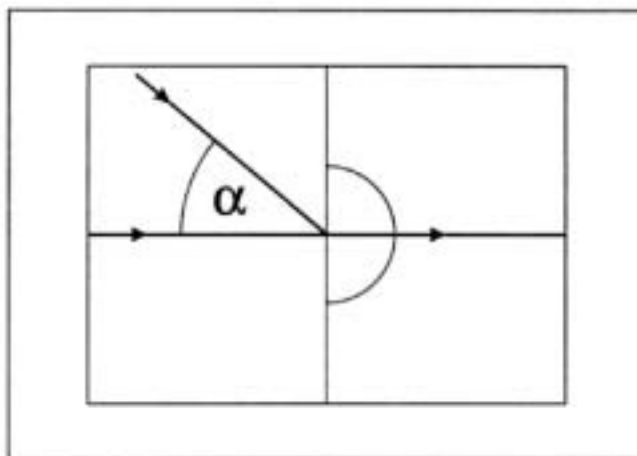


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

14. Tabla

Medio	Ángulo de incidencia α	Ángulo de refracción β
Vidrio acrílico	40°	25.5°
Agua	40°	28.7°

NOTA:

Si desea hallar el índice de refracción aproximado n , puede ampliar la tabla de la manera indicada en el ejercicio complementario del paso 18 (ver también experimento 20).

Evaluación:

15. Complete las siguientes afirmaciones:

El ángulo de refracción para el vidrio acrílico es menor que para el agua.

Esto significa que cuando los rayos luminosos pasan a través del vidrio acrílico, se refractan en dirección hacia el eje óptico en mayor grado que cuando pasan por el agua.

16. En física, se dice que diferentes materiales tienen índices de refracción superiores o inferiores. ¿Qué material, vidrio acrílico o agua, tiene un índice de refracción superior, y cual un índice de refracción inferior?

El vidrio acrílico tiene un índice de refracción superior,

y el agua tiene un índice de refracción inferior.

17. La transición del aire al agua o del aire al vidrio acrílico, ¿es una transición de un medio con índice de refracción inferior a otro de índice superior, o es al revés?

En ambos casos, es una transición de un medio con un índice de refracción inferior

a uno con índice de refracción superior; el rayo luminoso siempre se refracta en dirección al eje óptico.

18. Ejercicio opcional:

Cálculo del índice de refracción n

Dibuje un círculo (por ej. con el radio del cuerpo semicircular, $r = 3 \text{ cm}$) alrededor de la intersección de los ejes y mida las longitudes de los segmentos a y b (ver Fig. 3) para los ángulos individuales.

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{a}{r}}{\frac{b}{r}} = \frac{a}{b}$$

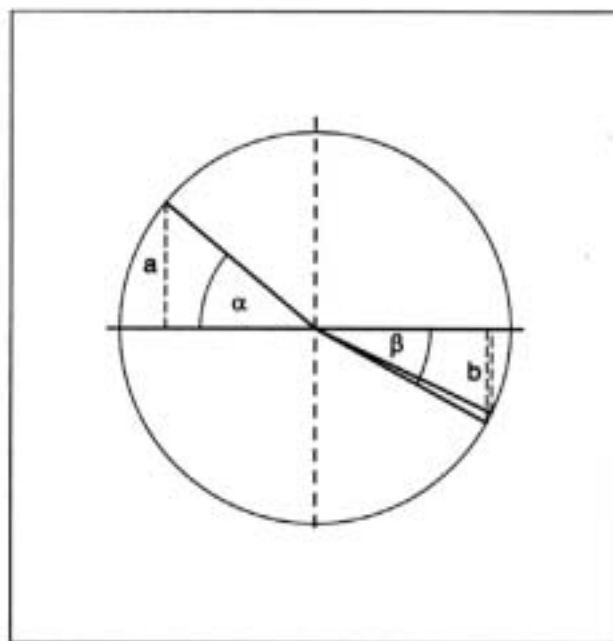


Fig. 3

Tabla

Medio	Ángulo de incidencia α	Ángulo de refracción β	$\frac{a}{\text{mm}}$	$\frac{b}{\text{mm}}$	$n = \frac{a}{b}$	Valor teórico de n
Vidrio acrílico	40°	25.5°	19.5	13	1.50	1.49
Agua	40°	28.7°	19.5	14.5	1.34	1.33

Notas para el profesor 1

Prisma desviador

Ejercicio: Estudiar el recorrido de un rayo luminoso al incidir perpendicularmente en un cuerpo rectangular (prisma).

Objetivos del experimento

- Observar el efecto desviador de un prisma rectangular.
- Explicar el desvío de los rayos luminosos mediante la ley de la reflexión total.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Prisma rectangular	459 46
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se indica en la Fig. 1 a y colóquela en la mesa óptica

NOTA:

Oscurezca algo el lugar de experimentación, a fin de que se pueda observar la marcha de los rayos dentro del prisma.

Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

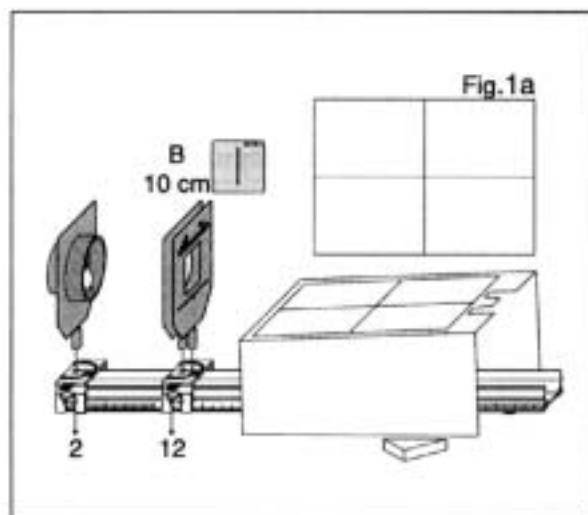


Fig. 1

Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. El rayo luminoso debe marchar sobre la línea central (eje de incidencia).
5. Coloque el prisma sobre la línea vertical, con el cateto hacia la lámpara (▶ Fig. 2a) y el lado de color mate hacia abajo.
6. ¿Cuál es el recorrido del rayo luminoso? Escriba lo observado en ▶ 9.
7. Coloque el prisma sobre la línea vertical y con la hipotenusa hacia la lámpara (▶ Fig. 2b). Escriba lo observado en ▶ 10.
8. Desconecte la lámpara del transformador.

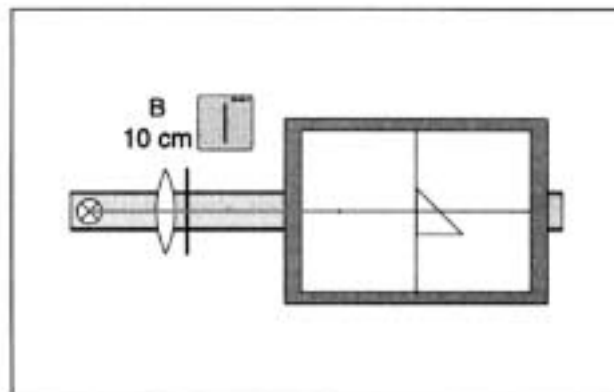


Fig. 2a

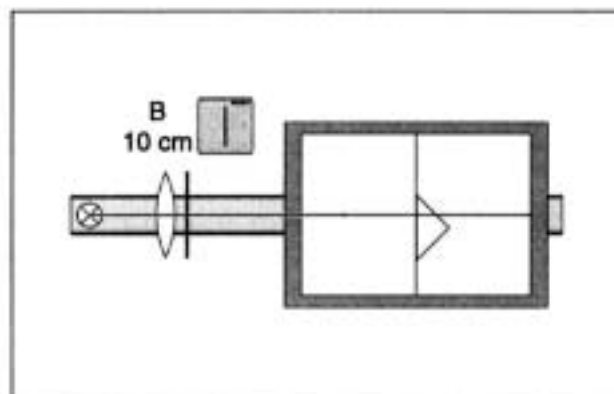


Fig. 2b

Observaciones y mediciones:

9. El haz de luz se

desvía 90° en la hipotenusa

10. El haz de luz se

desvía 90° en el primer cateto

y otros 90° en el segundo cateto,

y emerge del prisma en la hipotenusa.

Evaluación:

11. Complete la marcha de los rayos en los esquemas.
12. Cuando un rayo luminoso incide perpendicularmente en el cateto de un prisma rectangular, el rayo se desvía en la hipotenusa

en 90°

a causa de

la reflexión total.

13. Cuando el rayo luminoso incide perpendicularmente sobre la hipotenusa de un prisma rectangular, el rayo se desvía hacia los catetos

en 90°

a causa de

la reflexión total.

NOTA:

Los prismas desviadores se utilizan en periscopios, en los visores de aparatos fotográficos y en los binoculares prismáticos.

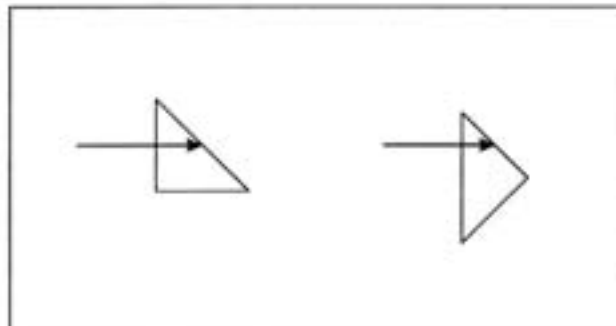


Fig. 3

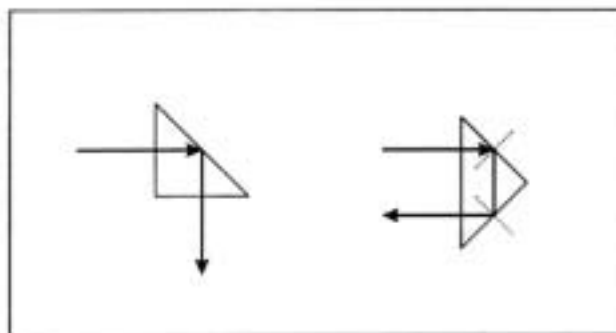


Fig. 3.1

Prisma de inversión

Ejercicio: Estudiar el recorrido de los rayos luminosos que inciden en el cateto de un cuerpo triangular (prisma) en forma paralela a la hipotenusa.

Objetivo del experimento • *Observar la inversión de los rayos luminosos en el prisma rectangular – principio del prisma de inversión.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Prisma rectangular	459 46
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se indica en la Fig. 1 a y colóquela en la mesa óptica.
3. Coloque el prisma con la hipotenusa sobre la línea de mayor longitud (Fig. 1).
4. Tapar todas las ranuras salvo dos con las correderas de diafragma.

Tapar con un trozo de papel aproximadamente 1 cm de la parte superior del diafragma para evitar reflexiones indeseadas en la cara superior del prisma.

NOTA:

Oscurezca algo el lugar de experimentación, a fin de que se pueda observar la marcha de los rayos dentro del prisma.

Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

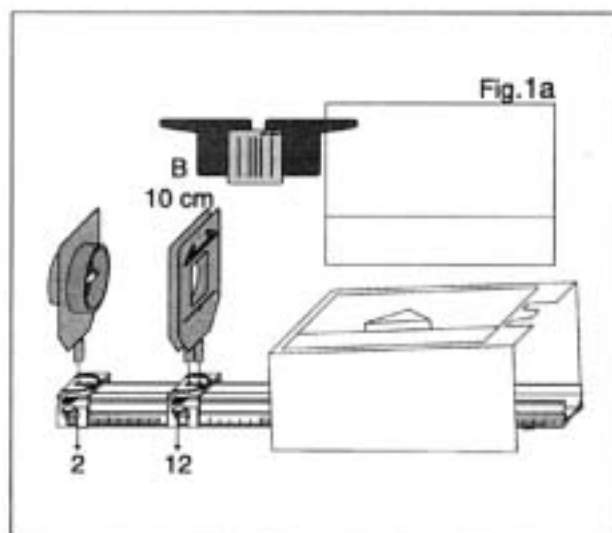


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

5. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
6. Correr el papel de forma tal que el rayo luminoso inferior tenga un recorrido paralelo a la línea de base a una distancia de 5 mm (Fig. 2).

NOTA:

Para facilitar el desvío paralelo, se podrá dibujar un trazo fino a 5 mm de distancia de la línea de base.

7. Observe los recorridos de los rayos por delante y por detrás del prisma y escriba lo observado en ► 12.
8. Observe los recorridos de los rayos dentro del prisma y escriba lo observado en ► 12.
9. Bloquee el rayo luminoso inferior con la cara frontal del prisma. ¿Cuál es el recorrido del rayo luminoso detrás del prisma? Escriba lo observado en ► 12.
10. Bloquee el rayo luminoso superior con la cara frontal del prisma.. ¿Cuál es el recorrido del rayo luminoso por detrás del prisma? Escriba lo observado en ► 12.

NOTA:

Puede emplear un trozo de papel o un bolígrafo para tapar las ranuras superior e inferior.

Para comprender los experimentos de una manera visual, pueden taparse las ranuras con filtros de diferentes colores o con transparencias de color.

Pueden despreciarse los rayos parásitos.

11. Desconecte la lámpara del transformador.

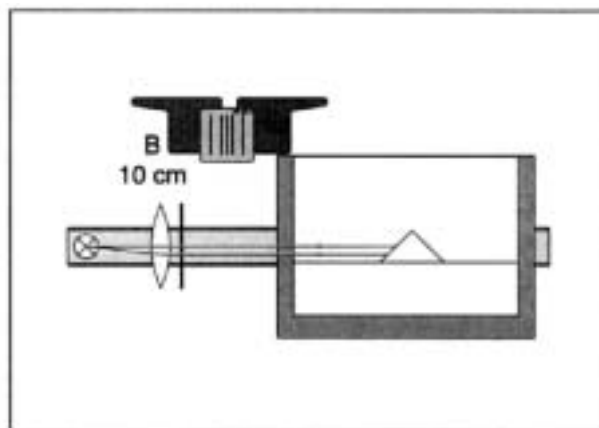


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

Tabla

	Observación
Marcha del rayo por delante y por detrás del prisma	<i>Los rayos marchan en forma paralela a la hipotenusa por delante y por detrás del prisma</i>
Marcha del rayo dentro del prisma	<i>Dentro del prisma, los rayos se refractan hacia la hipotenusa, luego se reflejan en la hipotenusa y emergen en el segundo cateto paralelo a la hipotenusa.</i>
Rayo inferior tapado	<i>El rayo superior por detrás del prisma desaparece.</i>
Rayo superior tapado	<i>El rayo inferior por detrás del prisma desaparece.</i>

Notas para el profesor 3

Evaluación:

13. Complete el esquema de la Fig. 3 con los recorridos de los rayos.
14. ¿Qué se puede decir sobre las direcciones de los rayos luminosos por delante y por detrás del prisma?

La dirección de los rayos

que inciden en el cateto

paralelamente a la hipotenusa no cambia

15. ¿Qué puede decirse sobre los rayos luminosos inferior y superior que pasan por delante y por detrás del prisma?

El rayo que delante del prisma tiene su recorrido

por arriba, se ha situado detrás del prisma en la

parte inferior.

16. El prisma que utilizamos en este experimento se llama “prisma de inversión”. ¿Por qué?

Todo objeto que se observe a través de este prisma

aparecerá de cabeza

o “invertido”.

NOTA:

Los prismas de inversión se utilizan por ej. en binoculares prismáticos. Las imágenes intermedias obtenidas mediante el objetivo tienen los lados invertidos y se encuentran de cabeza. Un prisma dispuesto en cada uno de los tubos se encarga de la inversión “lateral”, y otro prisma de la inversión “arriba-abajo”. De esta manera se obtendrá una imagen intermedia que, observada a través del ocular, no tendrá ninguna inversión de lados, y que tampoco estará de cabeza.

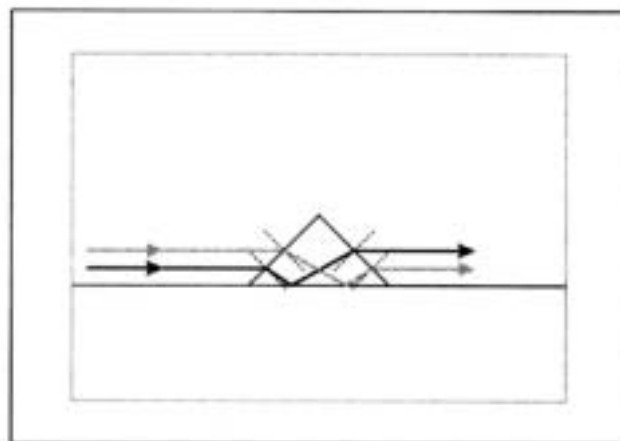


Fig. 3

Dispersión de la luz blanca mediante un prisma

Ejercicio: ¿De donde proviene la luz de color?

- Objetivos del experimento**
- Observar y describir la dispersión de la luz blanca en un prisma.
 - Reconocer los grados de refracción de los colores espectrales individuales.
 - Llegar a la conclusión de que los colores espectrales no pueden dispersarse.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Prisma rectangular	459 46
	1 Cuerpo trapezoidal	459 44
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	
	1 Cartulina 5 cm x 5 cm	
	1 Tijera	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes sobre la mesa óptica como se muestra en la Fig. 1
2. Doble la esquina superior derecha del papel hacia arriba para hacer una pantalla y coloque el papel en la mesa óptica.
3. Poner el prisma sobre el papel, a aproximadamente 2 cm del borde, tal como se ve en la Fig. 1ª.
4. Empuje el lado (1) de la mesa óptica hacia al banco óptico.

NOTA:

Oscurezca algo el lugar de experimentación y protéjalo de la luz difusa, a fin de que se pueda observar la marcha de los rayos dentro del prisma.
Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

La mesa óptica se empuja hacia el banco óptico para que los rayos luminosos incidan en el tercio superior de la mesa óptica, puesto que allí debe colocarse un segundo cuerpo transparente para la parte 2 del experimento (Fig. 3).

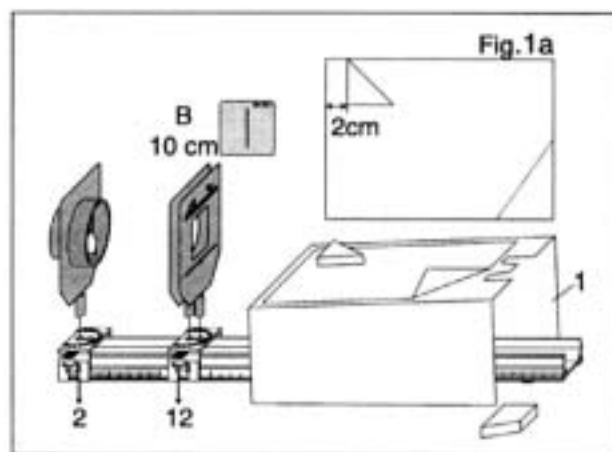


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

5. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
6. Describa el color del rayo luminoso incidente y del reflejado. Escriba lo observado en ► 14.
7. Gire el prisma en la dirección de la flecha, como se muestra en la Fig. 2. Observe en la pantalla el rayo luminoso que sale por la hipotenusa.

NOTA:

Gire el prisma a tal punto que el espectro se vea aproximadamente en la mitad de la pantalla (esquina del papel doblada hacia arriba).

En este sitio se presentará, al lado del rayo refractado, un rayo adicional reflejado, pero el cual podrá quedar despreciado.

8. ¿Qué colores pueden verse en el rayo refractado?

Escriba lo observado en ► 14.

NOTA:

Según la iluminación reinante quizás suceda que no se puedan percibir todos los colores del espectro, puesto que las porciones correspondientes a los colores del espectro tiene unas anchuras distintas. El profesor prestará su ayuda para rellenar el cuadro.

Parte 2 del experimento

9. Doblar nuevamente la esquina hacia abajo y plegar 1 cm del lado estrecho del papel hacia arriba para hacer una nueva pantalla (► Fig. 3).
10. Colocar el cuerpo trapezoidal sobre el papel como se muestra en la Fig. 3.
11. Crear una ranura muy delgada en la cartulina (■).

NOTA:

El ancho máximo permisible de la ranura es de 0.5 mm, a fin de que se puedan separar del espectro ciertos colores individuales mediante este diafragma.

12. Introducir este diafragma ranurado por delante del cuerpo trapezoidal de tal forma que haya siempre un solo color que pueda atravesarlo.
13. Observe y compare los colores de los rayos luminosos por delante y por detrás del cuerpo trapezoidal. Escriba lo observado en ► 15.

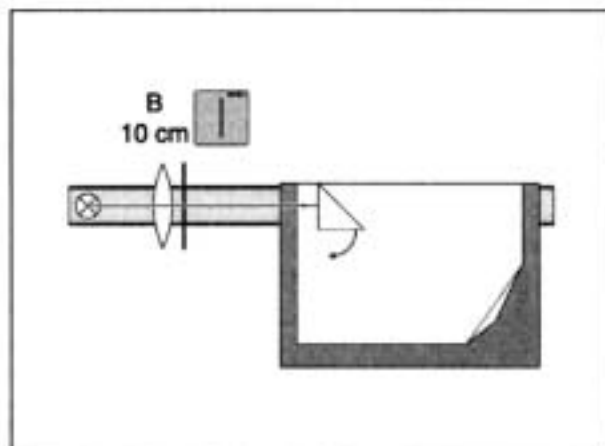


Fig. 2

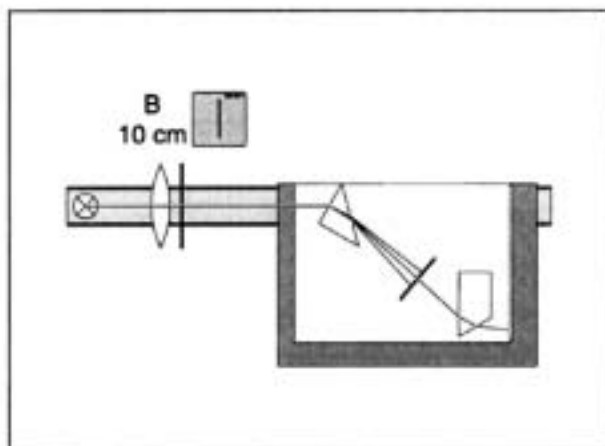


Fig. 3

Notas para el profesor 3
Observaciones y mediciones:

14.	Rayo luminoso	Color
	Incidente	<i>Blanco</i>
	Reflejado	<i>Blanco</i>
	Refractado	<i>Rojo, (naranja), amarillo, verde, azul, (violeta)</i>

15.	Color delante del cuerpo trapezoidal	Color detrás del cuerpo trapezoidal
	Azul	<i>Azul</i>
	Verde	<i>Verde</i>
	Amarillo	<i>Amarillo</i>
	Rojo	<i>Rojo</i>

Evaluación:

16. ¿Qué le sucede a la luz blanca refractada por un prisma?

Cuando la luz blanca es refractada por un prisma

se divide en los colores

rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta (dispersión).

17. Escriba en este esquema los colores que se pueden percibir detrás del prisma, en el orden correspondiente.

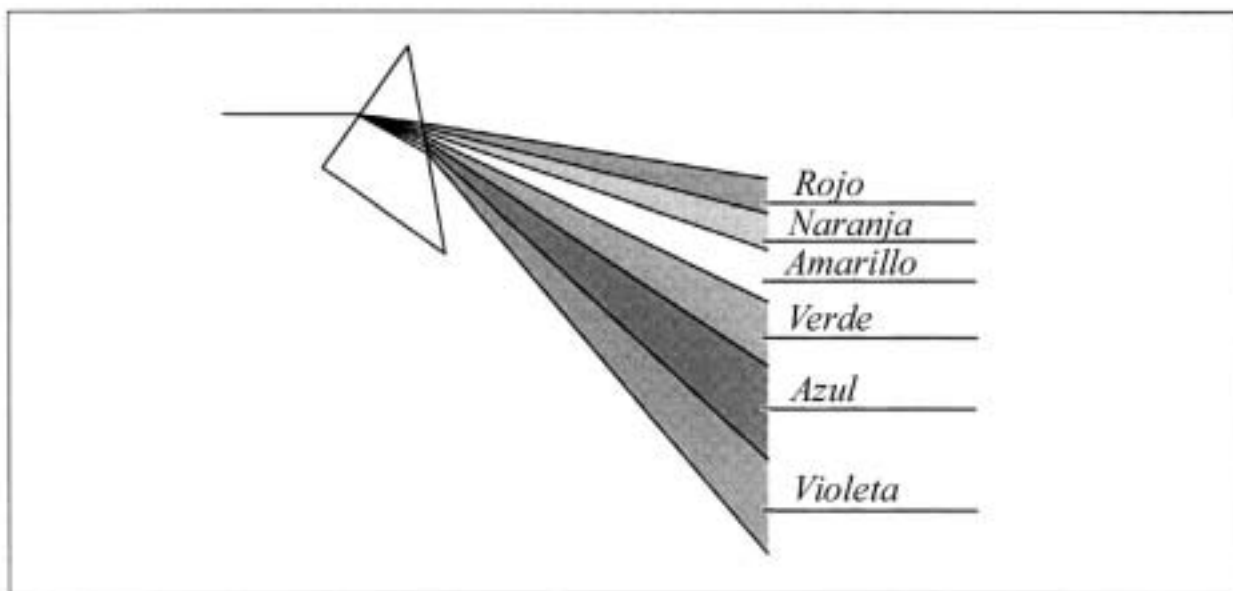


Fig. 4

18. ¿Cuál es el color que se refracta en mayor grado y cual el que se refracta en menor grado?

El violeta es el más refractado y el rojo el menos refractado.

19. Llamamos espectro a la gama de colores, y sus colores se denominan "colores espectrales". ¿Cuándo podemos observar colores espectrales en la naturaleza?

Podemos observar los colores espectrales en los arco iris.

Un arco iris se origina por refracción de

la luz blanca en las gotas de lluvia.

20. ¿Qué sucede si los diferentes colores del espectro inciden en un segundo prisma (aquí en el cuerpo trapezoidal)?

Los colores del espectro no se vuelven a dispersar, sólo se desvían aún más.

Recombinación de los colores del espectro mediante una lente

Ejercicio: Observar los colores del espectro después de haber pasado por una lente concentradora (cuerpo semicircular)

Objetivo del Experimento • *Mostrar que la luz blanca se origina cuando se recombinan los colores del espectro.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura	de 461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Prisma rectangular	459 46
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	ej. 562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes sobre la mesa óptica como se muestra en la Fig. 1
2. Empuje el lado **(1)** de la mesa óptica hacia al banco óptico.
3. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1 a y colóquela sobre la mesa óptica.

NOTA:

Oscurezca la sala y proteja el sitio de experimentación de la luz difusa, a fin de que se puedan observar fácilmente los colores.

Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

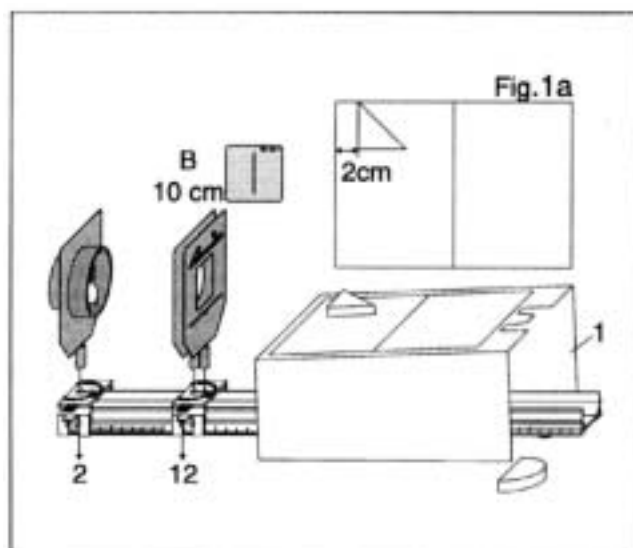


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Gire el prisma hasta que se puedan ver los colores del espectro (► Fig. 2) (ver también experimento 28).

Nota:

Gire el prisma hasta que el rayo proveniente del prisma tome su recorrido hacia la esquina inferior derecha del papel; esto produce el espectro más ancho.

6. Introducir la lente en la trayectoria óptica tal como se indica en la Fig. 3
7. Situar la pantalla transparente un poco por detrás del cuerpo semicircular, interceptando la trayectoria óptica (► Fig. 3).
8. Mirar a través de la pantalla en dirección hacia la lámpara y escribir en ► 12 los colores de izquierda a derecha.
9. Correr la pantalla transparente hasta donde termina la hoja.
10. ¿Qué colores se ven en la pantalla? Escriba lo observado en ► 12.
11. Correr la pantalla más allá de donde termina la mesa. Apuntar los colores de izquierda a derecha en ► 12.

Nota:

La mesa se puede mover en forma continua, con el fin de notar el efecto causado por la lente

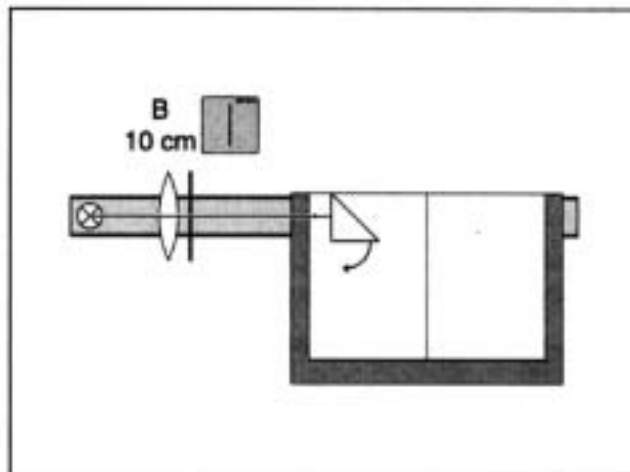


Fig. 2

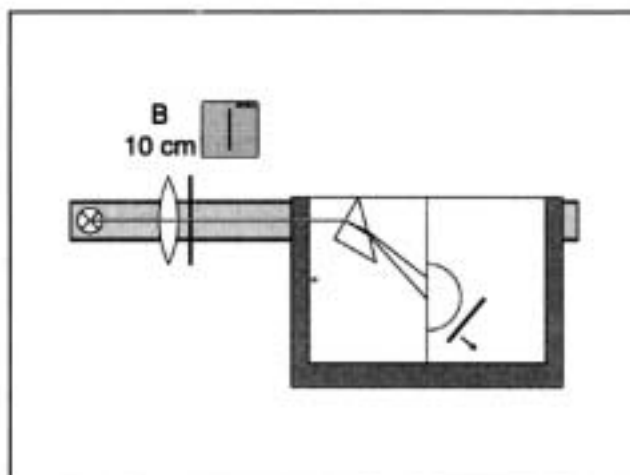


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

12.	Punto de observación (pantalla)	Color
	Poco detrás del cuerpo semicircular (lente)	(violeta), azul, verde, amarillo, (naranja), rojo
	Más o menos al final de la hoja	Solo blanco
	Más o menos 20 cm detrás de la mesa óptica	Rojo, (naranja), amarillo, verde, azul, (violeta)

Notas para el profesor 3

Evaluación:

13. ¿Qué efecto tiene la lente concentradora en un rayo luminoso que ha sido descompuesto en sus colores de espectro?

La lente recombina los colores para formar la luz blanca.

14. ¿Qué se puede decir sobre el orden de los colores del espectro detrás del punto focal?

Los colores del espectro se invierten detrás del punto focal.

15. Apuntar los colores en los sitios marcados para tal efecto en el esquema:

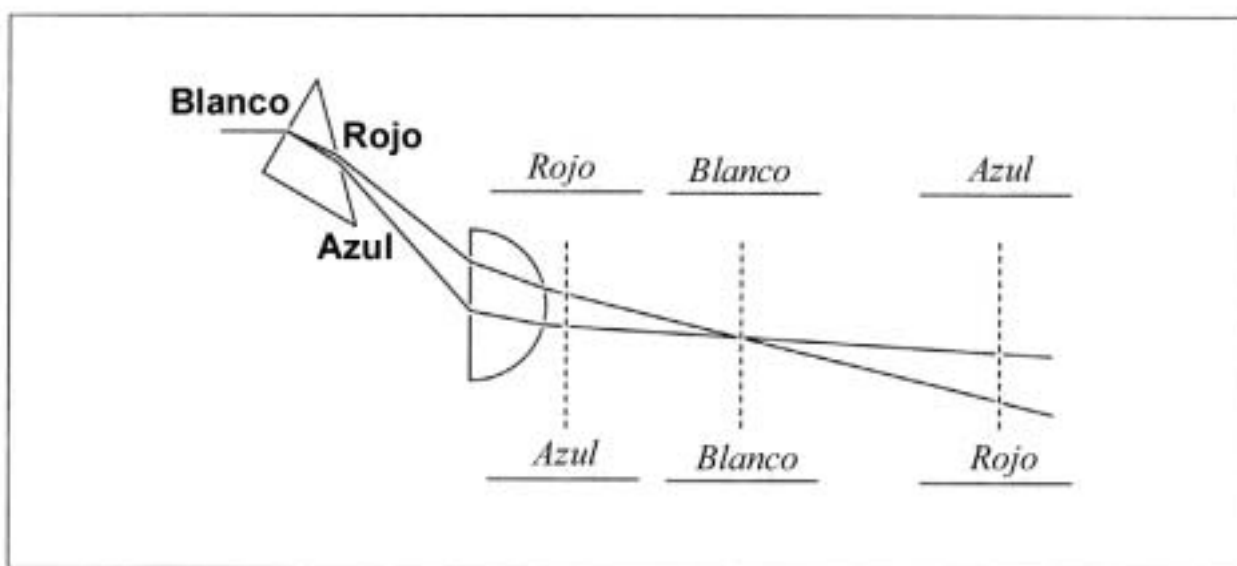


Fig. 4

Nota:

Con el juego de equipos OPT2 pueden efectuarse experimentos que tratan la cromática en profundidad.

Marcha de los rayos a través de una lente convexa

Ejercicio: Estudiar la marcha de los rayos luminosos dentro de una lente plana convexa y encontrar su distancia focal.

Objetivos del experimento

- Observar la marcha de los rayos para una lente concentradora
- Encontrar la distancia focal de una lente concentradora
- Comprender los conceptos “distancia focal” y “punto focal”

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Lente plano convexa	459 48
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, DIN A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1a y colóquela sobre la mesa óptica.
3. Tapar con las correderas las dos ranuras exteriores del diafragma de 5 ranuras.

NOTA:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

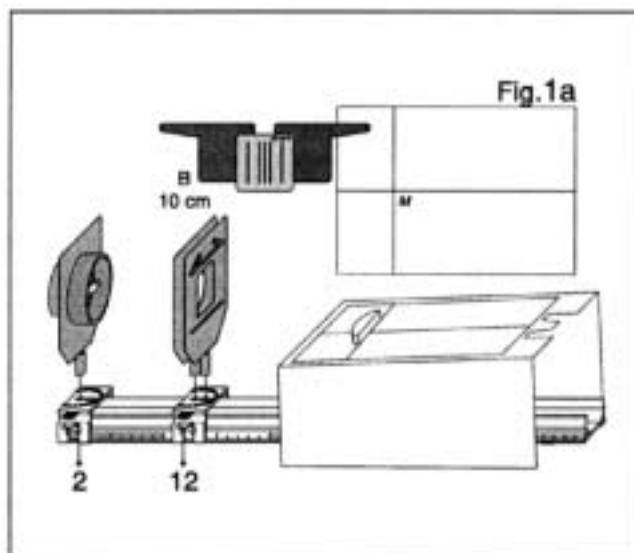


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Ajuste la mesa óptica de forma tal que el rayo luminoso central marche sobre el eje óptico (línea central).
6. Coloque la lente plana convexa con su lado plano exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas, con la superficie de color mate hacia abajo.
7. Ajuste la lente de manera tal que el haz de luz continúa su recorrido sobre el eje de incidencia después de haber atravesado la lente.



El lado plano debe permanecer siempre sobre la línea corta de los ejes cruzados y la lente no debe desplazarse durante el ajuste.

8. Describa las trayectorias de los rayos refractados y escriba lo observado en ► 14.

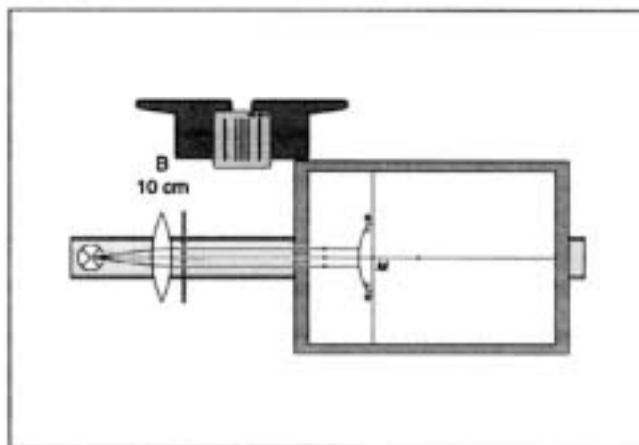


Fig. 2

Parte 2 del experimento

9. Dibujar el lado curvo de la lente.



Precaución: no mueva la lente.

10. Marque mediante dos cruces el recorrido de los rayos luminosos tanto delante como detrás de la lente.
11. Desconectar la lámpara del transformador y retire la lente del papel.
12. Una mediante líneas las cruces que formen pareja.

Nota:

Dibujar los rayos siempre solo hasta la superficie de separación. Seguidamente se dibujará la línea de conexión dentro de la lente.

13. Designar el punto de intersección de los rayos luminosos con "F" y mida la distancia de M a F. Escriba el valor en ► 15.

NB:

Se prestará atención al buen ajuste, con el fin de que los errores de medición se mantengan reducidos al mínimo. No obstante, las distancias focales de las diversas lentes planas convexas pueden variar dentro de ciertas tolerancias; por esta razón en normal que los resultados de los grupos de trabajo varíen en cierto grado.

Observaciones y mediciones:

14. ¿Cuál es el recorrido de los rayos refractados?

Los rayos refractados pasan por un solo punto del eje óptico.

15. Distancia de M a F: $f = \underline{125}$ mm

Notas para el profesor 3

Evaluación:

16. La intersección "F" de los rayos refractados se llama "punto focal". ¿Cómo podemos llamar a la distancia de M a F?

La distancia de M a F se llama distancia focal "f".

17. Complete el esquema:

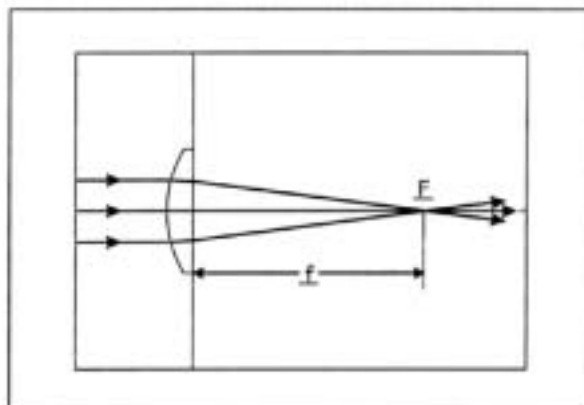


Fig. 3

18. ¿Cuál es la distancia focal f de la lente plana convexa?

La distancia focal es $f = 125 \text{ mm}$.

19. Los rayos luminosos paralelos convergen en el punto focal luego de pasar por una lente convexa. ¿Existe otro nombre para este tipo de lente?

A esta clase de lente también se la denomina "lente concentradora".

20. Los rayos luminosos que inciden en una

lente concentradora en forma paralela al eje óptico se concentran en el punto focal F.

La distancia desde la lente se denomina distancia focal f .

Nota:

Las lentes concentradoras se emplean en varios instrumentos ópticos tales como lupas, binoculares, telescopios y microscopios. El ojo humano es un lente reproductora natural.

Para las clases iniciales, solo debe tratarse a la distancia focal en su definición mas simplificada. Para los estudiantes avanzados, se podrá mostrar, dando vuelta la lente (lado plano hacia la fuente luminosa) que esta definición puede resultar en medidas diferentes, de modo que ha de sustituirse por una definición mas exacta para f .

Rayos en una lente convexa

Ejercicio: Encontrar la distancia focal de una lente biconvexa y estudiar las trayectorias de los rayos

Objetivos del experimento:

- Determinar la distancia focal de una lente biconvexa.
- Estudiar ciertos rayos dibujados en una lente biconvexa.
- Formación de una imagen con la ayuda de ciertos rayos dibujados

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 1 ranura. de	461 62
	1 Diafragma de 5 ranuras de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	2 Lentes plano convexas.	459 48
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A4	
	1 Regla	

Nota:

Este experimento requiere dos lentes plano convexas. Dos grupos pueden trabajar en conjunto o se puede conseguir otra lente para cada grupo.

Montaje:

1. Coloque todos los componentes sobre el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1 a y colóquela centrada sobre la mesa óptica.
3. Coloque las lentes sobre el papel de forma tal que los dos lados planos estén situados sobre la línea corta de los ejes cruzados y que estén en contacto entre sí.

Nota:

El papel debe tener formato A4, para que los estudiantes puedan construir una imagen en la parte 2 del experimento.

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa.

Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

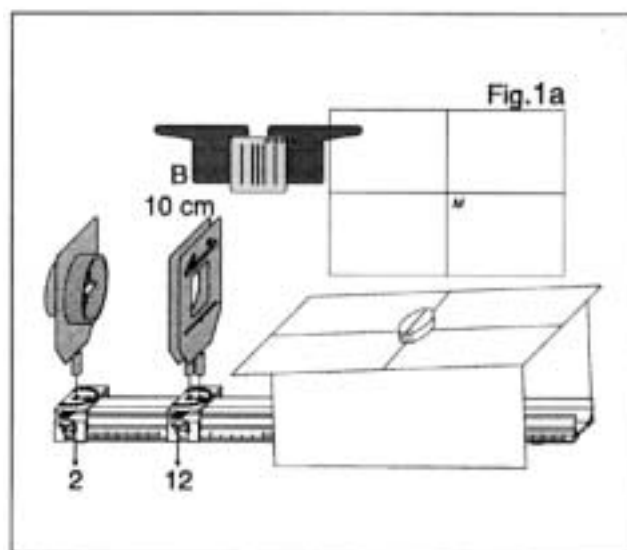


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Parte 1 del experimento: Encontrar la distancia focal

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Alinee la mesa óptica de manera tal que el rayo del medio marche sobre el eje óptico (línea central).
6. Ajuste la lente de tal forma que el rayo luminoso del medio marche sobre el eje óptico y por detrás de la lente.



Atención: las lentes planas convexas han de encontrarse pegadas entre sí y exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas.

Nota:

Muchas veces es práctico marcar la posición de la lente biconvexa. Esto facilita los reajustes en caso de que la lente se mueva.

7. Marque el punto focal (la intersección de los tres rayos) sobre el eje óptico y désígnelo con F .
8. Gire 180° el papel con los cuerpos y repita los pasos 5 a 7 en la dirección opuesta. Designe al nuevo punto focal con F' .
- Nota:*
Cuando gira el papel, tenga cuidado de que no choque contra el soporte para diafragmas y diapositivas. Si es necesario, mueva la mesa óptica hacia la derecha.
9. Mida las distancias focales f y f' . Escriba los valores en ► 17.

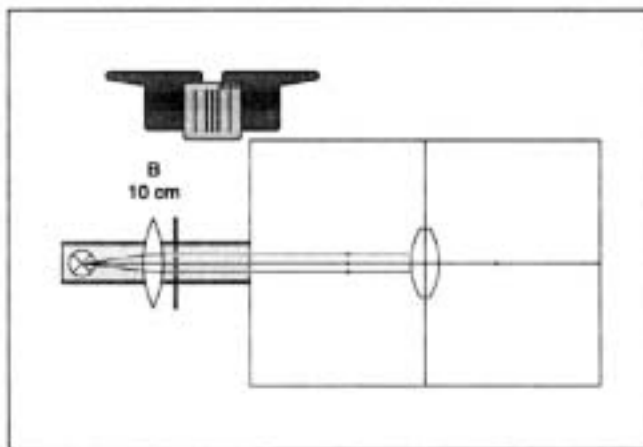


Fig. 2

Parte 2 del experimento: estudio de los rayos individuales

10. Complete su hoja de experimentos dibujando una flecha de 1 cm de alto a una distancia de 14.5 cm desde M (► Fig. 1b).

Nota:

El objeto está situado un poco mas lejos que el doble de la distancia focal. La imagen se forma entre la distancia focal y el doble de la misma.

11. Coloque el diafragma de ranura simple en el soporte para diafragmas y diapositivas y repita los pasos 5 a 7 para el ajuste del montaje.
12. Mueva el papel de manera tal que el rayo luminoso pase en cada caso por los siguientes puntos

- (1) Punta de la flecha G a F'
- (2) Punta de la flecha G a M
- (3) Punta de la flecha G paralela al eje óptico

13. Marque los rayos tanto por delante como detrás de la lente con dos cruces.

Nota:

Solo marque los rayos que se encuentren en la superficie soportada por la mesa óptica. Si es posible, utilice diferentes colores para marcar las cruces individuales, o marque los rayos con puntos y círculos.

14. Desconecte la lámpara del transformador y retire las lentes del papel.
15. Dibuje una flecha perpendicular al eje óptico. La punta de la flecha debe encontrarse en la intersección de los rayos que están por detrás de la lente. Designe esta flecha con B.

Nota:

El distanciamiento máximo de los puntos de intersección de los rayos no deberá ser mayor de 3 mm, pues de otro modo no se habrá trabajado con la precisión necesaria.

16. Describa el recorrido de los rayos emergentes y escriba lo observado en ► 18.

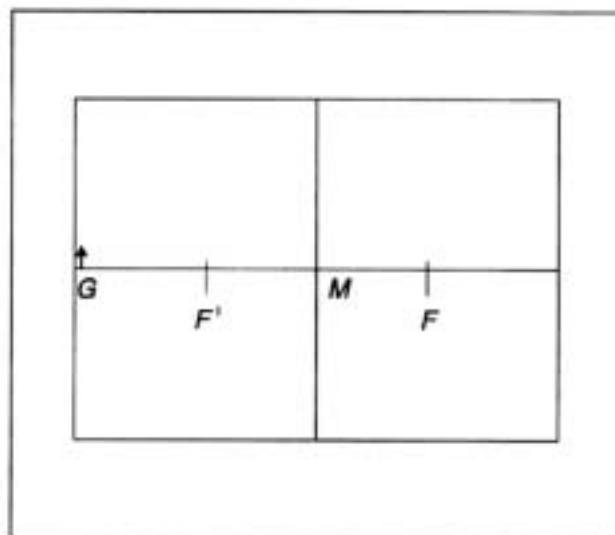


Fig. 1b

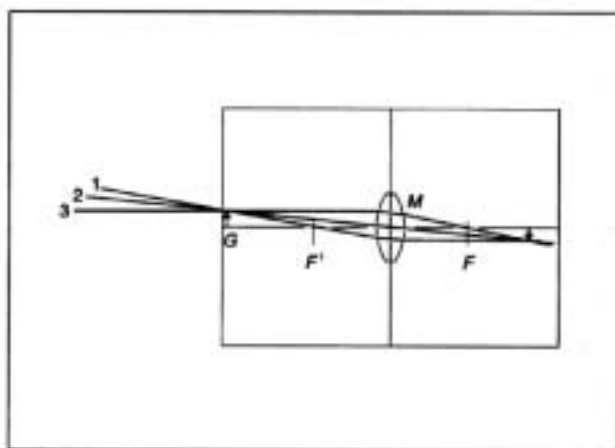


Fig. 3



Notas para el profesor 4

Observaciones y mediciones:

17. La distancia focal es

$$f = \underline{6.8 \text{ cm}}$$

$$f' = \underline{6.8 \text{ cm}}$$

18. El rayo focal **(1)** toma detrás de la lente un recorrido

paralelo al eje óptico.

El rayo central **(2)** toma su recorrido

en línea recta, sin refractarse.

El rayo paralelo **(3)** toma su recorrido

a través del punto focal f.

Evaluación:

19. ¿Qué se puede decir sobre las dos distancias focales?

Las dos distancias focales son iguales.

20. Luego de la refracción en una lente concentradora, el rayo focal marcha

paralelo al eje óptico.

El rayo central marcha sin refractarse a través del punto medio de la lente.

Luego de la refracción en una lente concentradora, el rayo paralelo marcha a través del

punto focal F.

21. Compare el objeto G y la imagen B.

La imagen esta invertida.

Experimentos adicionales:

Inversión del recorrido de rayos

Determinación experimental de la fórmula de la imagen

Tipo y orientación de imágenes en función de la distancia entre el objeto y la lente.

NB:

En principio, la conclusión "los rayos centrales pasan sin refractarse por una lente concentradora" sólo se aplica para lentes mas delgadas y para rayos paraxiales. Sin embargo, podemos considerar a la lente empleada en este experimento como una lente delgada para la precisión de medición requerida para este experimento.

Imágenes de lentes convexas

Ejercicio: Estudiar las imágenes de una lente concentradora para diferentes distancias del objeto.

Objetivos del experimento • Conocer los tipos y las posiciones de las imágenes en función de la distancia entre el objeto y la lente.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha de	461 63
	1 Mesa óptica.	459 15
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente:	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, DIN A5	

Montaje:

1. Coloque todos los elementos en el banco óptico, tal como se ve en la Fig. 1.
2. Doble 1 cm el lado más corto del papel y cuélguelo de la mesa óptica (pantalla).
3. La flecha (objeto) debe señalar a la izquierda, al observar desde la lámpara.

NOTA:

Situar el diafragma tipo flecha en la mitad del soporte para diafragmas y diapositivas. No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

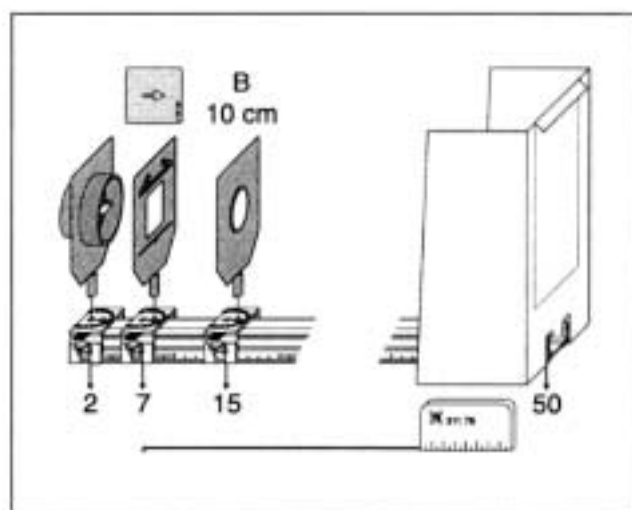


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Desplace la lente sobre el banco óptico hasta que se forme una nítida imagen de la flecha.
6. ¿En que dirección señala la flecha? Escriba lo observado en ► 11.
7. Coloque el diafragma tipo flecha en el soporte para diafragmas y diapositivas de modo que señale hacia arriba. ¿En que dirección señala la imagen de la flecha? Apuntar bajo ► 11.

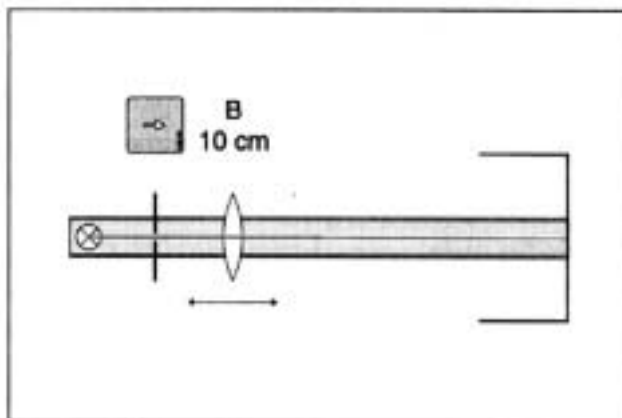


Fig. 2

Parte 2 del experimento

8. Con ayuda de la cinta métrica, ajuste la distancia del objeto a $g = 15$ cm entre la flecha (objeto) y la lente. Mueva la pantalla (mesa óptica) hasta que aparezca una imagen nítida.
9. Compare el tamaño del objeto G (1 cm) y el tamaño de la imagen B. ¿Es esta imagen menor, mayor, o del mismo tamaño? Apunte lo observado en ► 12.
10. Repita el experimento para $g = 20$ cm y 25 cm.

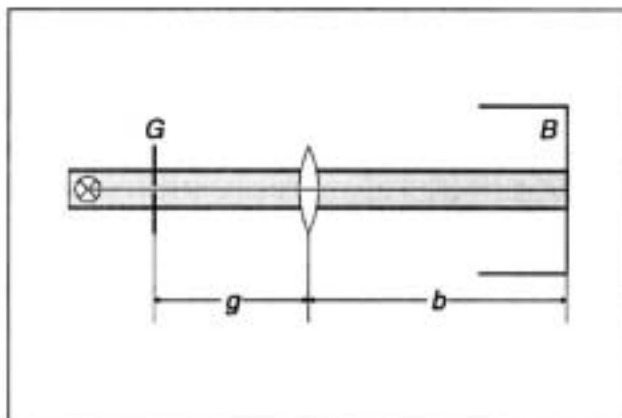


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

11.	Objeto	Imagen
	←	→
	↑	↓

12.	Distancia del objeto $\frac{g}{\text{cm}}$	Tamaño de la imagen B
	Entre f y 2 f	15
	2 f	20
	Entre 2 f e infinito	25
		Mayor tamaño
		Mismo tamaño
		Reducida

Notas para el profesor 3

Evaluación:

13. ¿Qué se puede decir sobre la posición de la imagen detrás de una lente concentradora para las distancias de objeto dadas?

La imagen esta invertida, es real y tiene los lados invertidos.

14. ¿Cuál es la relación entre el tamaño de la imagen y la distancia del objeto?

Cuanto mayor sea la distancia, menor será la imagen.

15. Experimento complementario: extensión del paso 8 de la parte 2 del experimento para distancias de objeto

$$g = \infty$$

$$g = f,$$

$$g < f$$

Tabla 2:

Distancia del objeto $\frac{g}{\text{cm}}$		Tamaño de la imagen B
Menor que f	5	Aumentada (virtual)
f	10	Virtual, imagen nítida
Entre f y $2f$	15	Aumentada
$2f$	20	De igual tamaño
Entre $2f$ e infinito	25	Reducida
Infinito	100	Puntiforme

No se pueden ver imágenes reales en la pantalla para las distancias de objeto adicionales.

Para observar las imágenes virtuales ($g < f$ / $g = f$), deberá mirar por la lente hacia la lámpara.

Para evitar deslumbramientos, coloque una pantalla transparente en el jinetillo con pinza directamente enfrente del soporte para diafragmas y diapositivas y disminuya el voltaje a 6 V.

Ahora, cuando vemos el diafragma tipo flecha a través de la lente, se ve una imagen virtual, aumentada y nítida de la flecha en $g = f$ y $g < f$. La imagen virtual y nítida desaparece cuando g se vuelve mayor que f .

En este montaje, la lente se comporta como una lupa (► experimento 40).

Fórmula de formación de imágenes

Ejercicio: Estudiar la relación entre el tamaño de la imagen y la distancia del objeto con la distancia de la imagen.

Objetivo del experimento Encontrar la fórmula de formación de imágenes $g:b = G:B$ en un experimento.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha de	461 63
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cinta métrica	311 78
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A ej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

- Coloque todos los componentes en el banco óptico tal como se ve en la Fig. 1.
- Doble 1 cm del lado más corto del papel y cuélguelo de la mesa óptica (pantalla).

Nota:

Situar el diafragma tipo flecha en la mitad del soporte para diafragmas y diapositivas. El papel debe estar apoyado en la pared dorsal de la mesa, a fin de permitir una medición exacta. No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

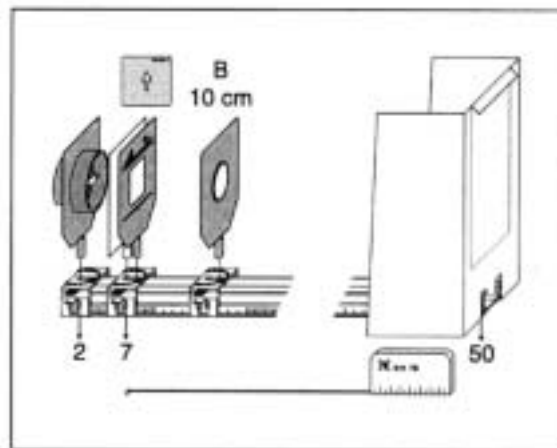


Fig. 1

Realización del experimento:

- Conecte la lámpara al transformador (12 V).
- Ajuste una distancia de objeto $g = 30$ cm (use la cinta métrica).
- Mueva la pantalla (mesa óptica) hasta que aparezca una imagen nítida.
- Mida la distancia b de la imagen y el tamaño de la imagen B y escriba los valores en ► tabla 8.
- Repita los pasos 4 a 6 para las distancias de objeto $g = 25$ cm, 20 cm y 15 cm.

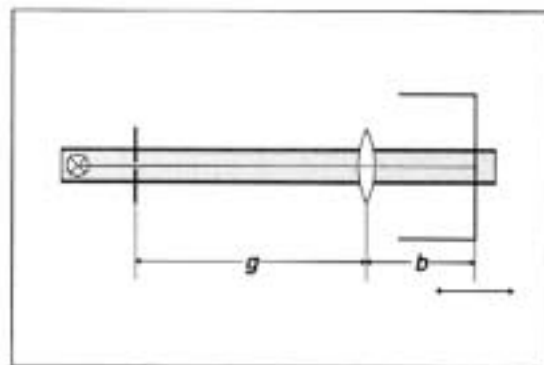


Fig. 2

Notas para el profesor 2

Observaciones y mediciones:

8.	Distancia del objeto $\frac{g}{\text{mm}}$	Distancia de la imagen $\frac{b}{\text{mm}}$	Tamaño del objeto $\frac{G}{\text{mm}}$	Tamaño de la imagen $\frac{B}{\text{mm}}$	$g:b$	$G:B$
	300	147	10	5	2.04	2.00
	250	162	10	7	1.54	1.42
	200	195	10	10	1.03	1.00
	150	300	10	21	0.50	0.48

Evaluación:

9. En el caso de las lentes concentradoras, de que manera dependen el tamaño de la imagen y su distancia en la distancia del objeto?

A medida que va aumentando la distancia del objeto g , van disminuyendo el tamaño de la imagen B y la distancia de la imagen b .

10. Para cada medición, calcule la relación $g:b$ y $G:B$.

Escriba los valores en la tabla y compárelos. Encuentre una fórmula que describa lo aprendido.

La relación entre la distancia del objeto g con la distancia de la imagen b

es igual a la relación entre el tamaño del objeto G y el tamaño de la imagen B .

$$g:b = G:B$$

11. Utilice la formula de formación de imágenes hallada en el paso 10 para calcular el tamaño de la imagen de una torre de 2.5 cm de altura sobre una diapositiva para la distancia de imagen $b = 400$ cm y la distancia del objeto $g = 20$ cm.

$$\frac{g}{b} = \frac{G}{B}$$

$$B = \frac{G \cdot b}{g}$$

$$B = \frac{2.5\text{cm} \cdot 400\text{cm}}{20\text{cm}}$$

$$B = 50 \text{ cm}$$

Nota:

La escala de la imagen es importante , por ejemplo, en cámaras fotográficas y proyectores de diapositivas.

Determinación de la distancia focal de una lente convexa mediante la autocolimación

Ejercicio: Encontrar la distancia focal de una lente concentradora con la ayuda de un espejo plano

Objetivo del experimento: Llegar a conocer un procedimiento sencillo y exacto para averiguar la distancia focal de una lente concentradora.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma tipo flecha de	461 63
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Portaplacas con mango	459 30
	1 Espejo plano	459 38
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A ej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

- Coloque todos los componentes como se muestra en la Fig. 1.

NB:

No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

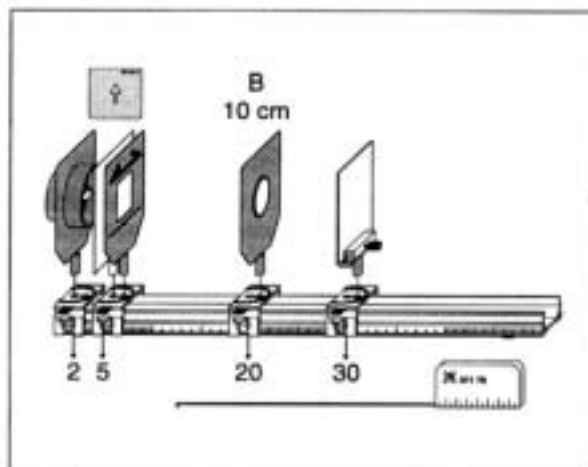


Fig. 1

Realización del experimento:

- Conecte la lámpara al transformador (12 V).
- Observe la reflexión en el diafragma. Para hacer esto, gire el espejo de forma tal que el reflejo se sitúe al lado de la abertura del diafragma.
- Correr la lente hasta que aparezca una imagen nítida de la flecha.
- Mida la distancia del objeto g entre el diafragma tipo flecha y la lente. Escriba el valor en ► 7.
- Correr el espejo y observar la imagen de la flecha. ¿Qué se puede decir sobre la nitidez y el tamaño de la imagen? Apuntarlo bajo ► 8.

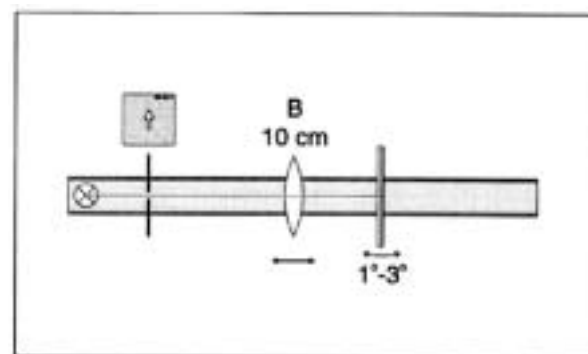


Fig. 2

Notas para el profesor 2

Nota: La reflexión es más fácil de ver sobre un fondo blanco, por esta razón se puede enfocar una imagen nítida más fácilmente si se pega una cinta de papel blanco al diafragma situado junto a la flecha.

Observaciones y mediciones:

7. $g = 100$ mm.
8. La nitidez de la imagen se mantiene igual .
El tamaño de la imagen se mantiene igual .

Evaluación:

9. La distancia focal de la lente B es $f = 100$ mm.
¿Qué se puede decir sobre la distancia del objeto g y la distancia focal f ?

Distancia del objeto $g =$ distancia focal f .

10. Con ayuda del diagrama de la Fig. 3 explique porqué la imagen del objeto se forma en el plano del objeto (sobre el diafragma).

La luz del objeto,

situado en el foco (plano focal),

se convierte en luz paralela detrás de la lente.

La luz paralela es reflejada por el espejo y continúa siendo paralela.

Luego la lente recombina la luz en el punto focal (plano focal).

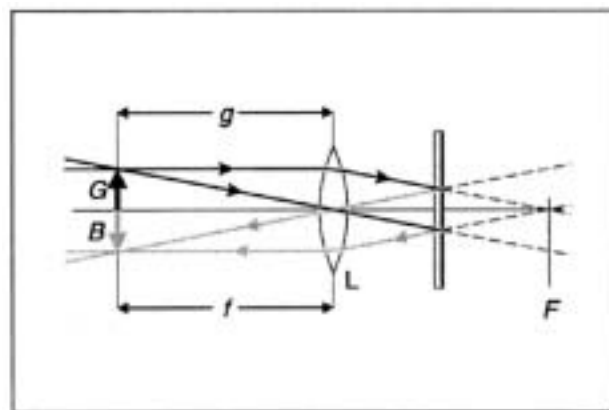


Fig. 3

Nota:

En la Fig. 3, el espejo está dispuesto de manera tal que el rayo central se convierte en el rayo paralelo y el rayo paralelo se convierte en el rayo central, para facilitar la comprensión del diagrama.

Este procedimiento es un método sencillo y exacto para averiguar la distancia focal de lentes y combinaciones de lentes sin cálculos matemáticos adicionales. La lente de colimador se utiliza en aparatos de análisis espectral y otros equipos ópticos.

La autocolimación se emplea para ajustar con precisión la distancia entre el espejo giratorio y la lente de formación de imágenes cuando se mide la velocidad de la luz según Foucault-Michelson.

Marcha de rayos a través de una lente cóncava

Ejercicio: Estudiar la marcha de los rayos luminosos a través de una lente plana cóncava y encontrar su distancia focal.

Objetivos del experimento

- Determinar la marcha de los rayos a través de una lente divergente
- Encontrar la distancia focal de una lente divergente
- Comprender el concepto de "punto focal virtual".

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Lente plano cóncava	459 50
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, DIN A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1a y colóquela sobre la mesa óptica.
3. Coloque la lente plana cóncava con el lado recto exactamente sobre la línea corta de las líneas cruzadas.

NOTA:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

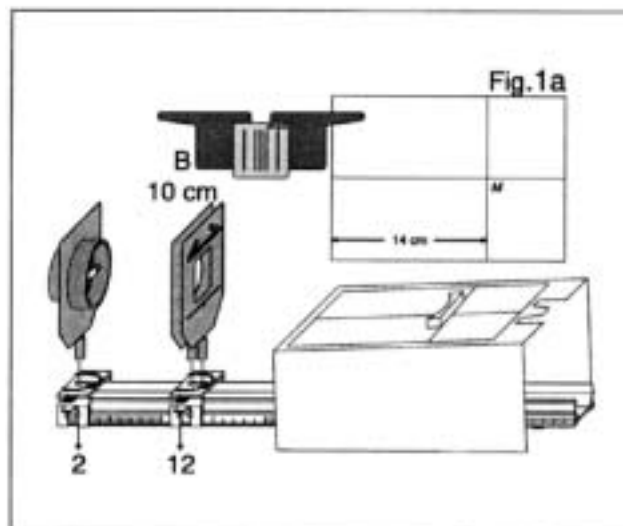


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. El rayo luminoso central debe tomar su recorrido sobre el eje óptico (línea central).
6. Ajuste la lente de manera tal que el haz de luz del medio continúa su recorrido sobre el eje óptico después de haber atravesado la lente.

El lado plano debe permanecer siempre sobre la línea corta de los ejes cruzados.

7. Describa las trayectorias de los rayos refractados y escriba lo observado en ► 13.

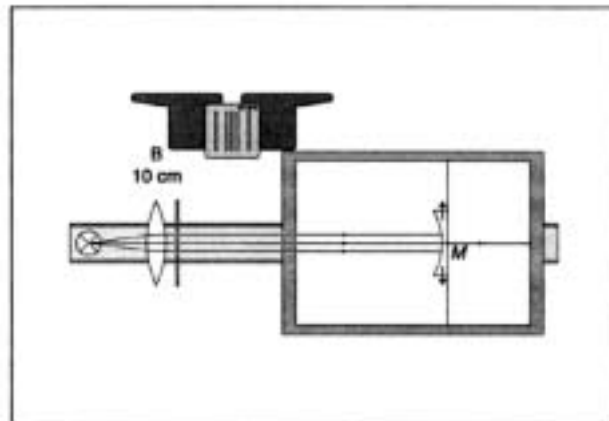


Fig. 2

Parte 2 del experimento

8. Dibujar el contorno de la lente.



Precaución: no mueva la lente.

9. Marque mediante dos cruces el recorrido de cada rayo luminoso tanto delante como detrás de la lente.

Nota:

Cuanto más distanciadas estén las cruces, con más precisión se podrá determinar F' .

10. Desconectar la lámpara del transformador, retire la lente del papel, y una mediante líneas las cruces que formen pareja.
11. Con un bolígrafo de color o con un lápiz, prolongue los rayos refractados hasta que se intersequen. Para hacerlo, ¿hay que efectuar la prolongación en la dirección que ha tomado la luz, o hacia atrás? Escriba lo observado en ► 14.
12. Designar el punto de intersección de los rayos luminosos con F' y mida la distancia de M a $F' = f$. Escriba el valor en ► 15.

NB:

Se prestará atención al buen ajuste, con el fin de que los errores de medición se mantengan reducidos al mínimo. No obstante, las distancias focales de las diversas lentes planas cóncavas pueden variar dentro de ciertas tolerancias; por esta razón es normal que los resultados de los grupos de trabajo varíen en cierto grado.

Observaciones y mediciones:

13. ¿Cuáles son los recorridos de los rayos refractados?

Los rayos refractados se separan.

14. Los rayos refractados deben prolongarse en dirección opuesta a los rayos, o hacia atrás para que se produzca su intersección.

15. Distancia de M a $F' =$ 110.5 mm

Evaluación:

16. Complete los diagramas:

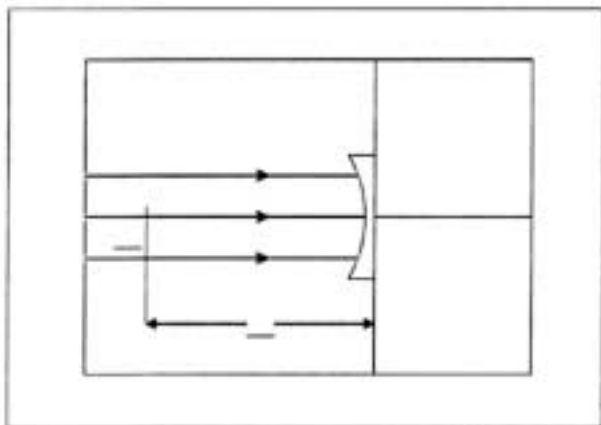


Fig. 3

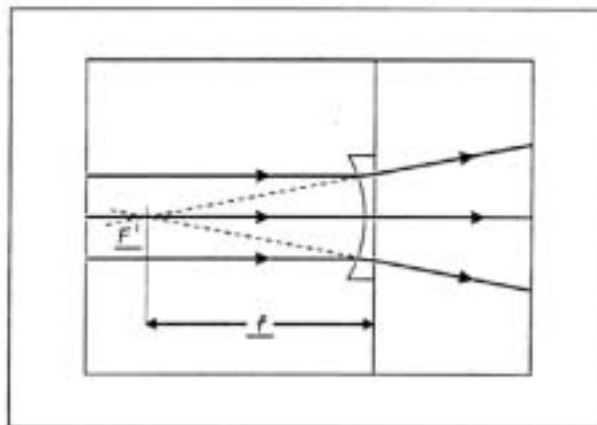


Fig. 3.1

17. ¿Cuál es la distancia focal f de la lente?

La distancia focal de la lente es $f = 110.5 \text{ mm}$.

18. Los rayos luminosos se separan en una lente cóncava (decimos que “divergen”). ¿Cómo se llama la lente con estas características?

A las lentes de este tipo las llamamos “lentes divergentes”.

19. Los rayos luminosos paralelos al eje óptico que inciden en una lente divergente se separan (divergen) detrás de la lente.

Estos rayos provienen de un punto focal virtual F' situado delante de la lente.

Nota:

Cuando se utiliza la fórmula de formación de imágenes $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ para las lentes divergentes, la distancia focal f y la distancia de la imagen b deben tener signo negativo.

Marcha de los rayos en lentes combinadas

Ejercicio: Estudiar las trayectorias de los rayos luminosos en una combinación de una lente cóncava con una lente convexa.

Objetivo del experimento: *Comprender que pueden usarse combinaciones de lentes para modificar los recorridos de los rayos.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	1 Lente plana convexa	459 48
	1 Lente plana cóncava	459 50
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1a y colóquela sobre la mesa óptica.
3. Coloque el cuerpo semicircular sobre el papel con el lado plano exactamente sobre la línea corta de los ejes cruzados.

Nota:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Se recomienda realizar el experimento en una sala con una leve oscuridad.

Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

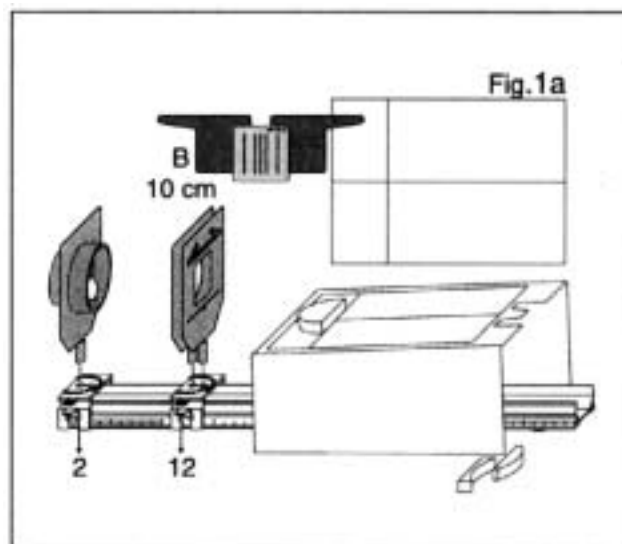


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V). El rayo luminoso del medio debe tomar su recorrido sobre la línea central hasta llegar al cuerpo semicircular.
5. Alinee el cuerpo semicircular de forma tal que el rayo luminoso del medio continúe su trayectoria sobre el eje óptico luego de pasar por el cuerpo.
6. Describa los recorridos de los rayos detrás del cuerpo semicircular. Escriba lo que ha observado en la tabla ► 11 (1) y complete el diagrama dibujando los rayos refractados y la posición del punto focal.

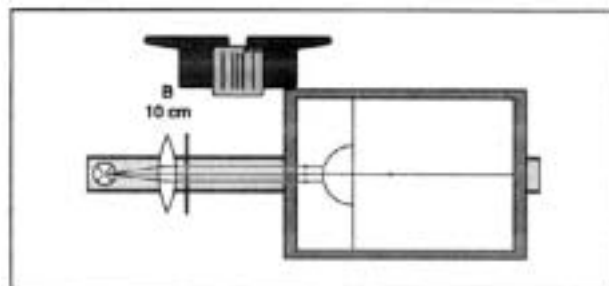


Fig. 2

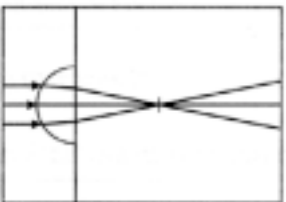
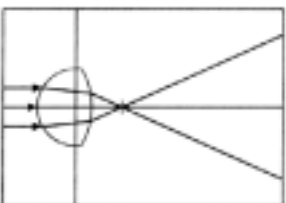
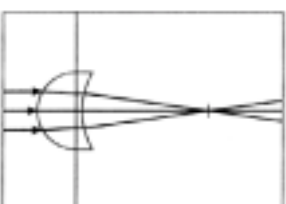
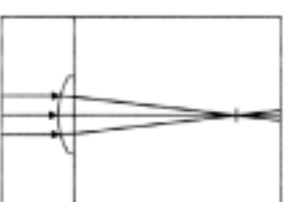
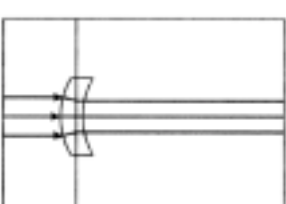
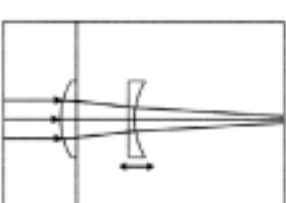
7. Sitúe el lado recto de la lente plana convexa contra el lado recto del cuerpo semicircular y observe la posición del punto focal. Escriba lo observado en ► 11, (2).
Precaución: Tenga cuidado de no mover el cuerpo semicircular.
8. ¿Qué se puede decir sobre la distancia focal de la combinación de lentes? Complete el esquema (2) ► 11.
9. Repita los pasos 7 y 8 con la lente plana cóncava, ► 11, (3).
10. Realizar las combinaciones (4) a (6) y escriba lo observado en ► 11.

Nota:

La segunda lente debe ubicarse cuidadosamente en la trayectoria del rayo varias veces para poder comparar mejor los experimentos.

Notas para el profesor 3

Observaciones y mediciones:

11.	Disposición del experimento	Diagrama	Observaciones
(1)			<i>Los rayos convergen detrás del cuerpo semicircular, encontrándose en el foco</i>
(2)			<i>La distancia focal de esta combinación es menor que la de la disposición (1)</i>
(3)			<i>La distancia focal de esta combinación es mayor que la de la disposición (1).</i>
(4)			<i>Los rayos convergen en el foco detrás de la lente plana convexa (como en la disposición (1)).</i>
(5)			<i>Los rayos toman un recorrido paralelo detrás de la combinación.</i>
(6)			<i>La distancia focal de esta combinación puede variar</i>



Notas para el profesor 4

Evaluación:

12. ¿Qué se puede conseguir mediante la combinación de dos (o más) lentes?

Mediante la combinación de dos (o más) lentes, se puede modificar la distancia focal,

es decir que mediante la combinación de lentes se podrán conseguir distancias focales

mas pequeñas o más grandes que aquéllas de las lentes individuales.

Aberraciones esféricas

Ejercicio: Observar las distancias focales de los rayos luminosos a través de los bordes y del centro de una lente gruesa

Objetivos del experimento:

- Comprender el concepto de las aberraciones esféricas de las lentes encontrando las distancias focales de los rayos luminosos con el centro y los bordes de una lente.
- Calcular los errores en la formación de imágenes.
- Estudiar errores en lentes para lentes delgadas y gruesas.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma de 5 ranuras. de	461 62
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Cuerpo semicircular	459 45
	1 Lente plana convexa	459 48
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Prepare la hoja de papel como se muestra en la Fig. 1a y colóquela sobre la mesa óptica.
3. Coloque el cuerpo semicircular sobre el papel con el lado plano exactamente sobre la línea corta de los ejes cruzados. ► Fig. 2.

Nota:

No exponga el sitio de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar el experimento (ver experimento 06).

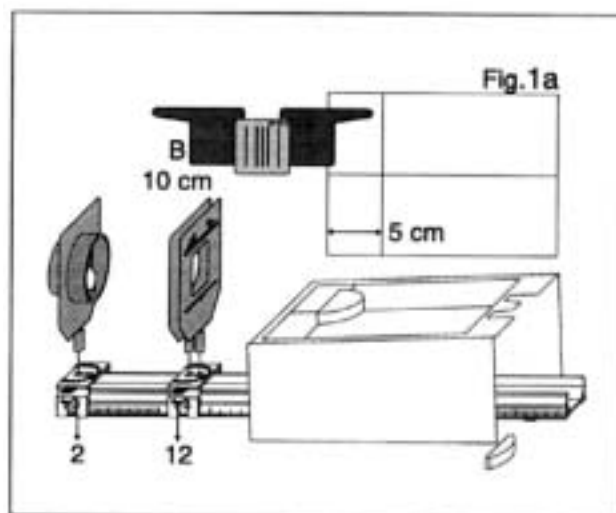


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Desplazar el papel y la lente de forma tal que el rayo luminoso central tome su recorrido sobre la línea del medio, tanto delante como detrás del cuerpo semicilíndrico.
6. Interceptar el paso de los dos rayos exteriores, y marcar el foco de los rayos centrales y designarlo con F_Z .
7. Interceptar el paso de los rayos interiores, marcar el foco de los rayos exteriores y designarlo con F_R .

Nota:

Debe Interceptarse el paso del segundo y cuarto rayo. Por lo tanto, un estudiante debe interceptar el paso de los rayos luminosos mientras que otro debe marcar el punto focal.

8. Mida la distancia d desde el punto focal a la línea corta perpendicular de los ejes cruzados y escriba el valor en la tabla ► 11.
9. Retire el cuerpo semicircular del montaje y colóquelo en la lente plana convexa. Luego repita los pasos 5 a 8. Marque los puntos focales y designelos con F_Z' y F_R' .
10. Desconecte la lámpara del transformador y retire la lente del papel.

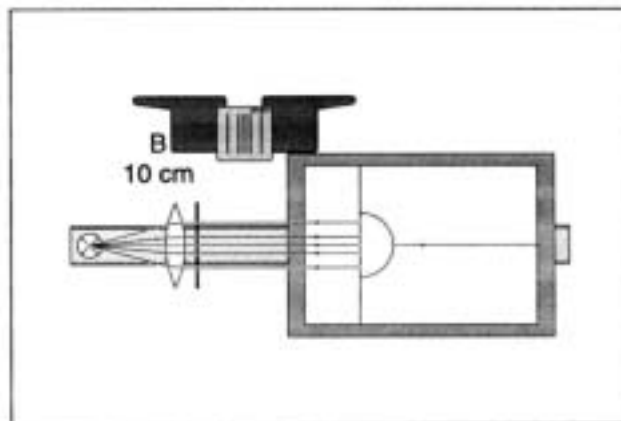


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

11. Tabla

Forma de la lente	Punto focal	d	Aberración esférica
D	F_Z	91 mm	20 mm
	F_R	71 mm	
D	F_Z'	131 mm	7 mm
	F_R'	124 mm	

Notas para el profesor 3

Evaluación

13. ¿Por qué los rayos exteriores y del medio tienen diferentes distancias focales?

Los rayos exteriores se refractan en mayor grado que los rayos centrales.

14. La diferencia entre d para F_Z y para F_R se llama aberración en la formación de imágenes (aberración esférica). Calcule la aberración esférica para las dos lentes y anote los valores en la tabla ► 11.

15. ¿Qué se puede decir sobre la aberración esférica en lentes gruesas y delgadas?

La aberración esférica de las lentes gruesas es mayor que la de lentes delgadas.

Nota:

Podemos usar una combinación de lentes divergentes y lentes concentradoras para compensar la aberración esférica. Se pueden crear imágenes nítidas sin producir aberración esférica interceptando el paso de los rayos exteriores; en otras palabras, para la formación de imágenes sólo se utiliza la superficie central de la lente y un haz de luz estrecho.

En los instrumentos ópticos, además de la aberración esférica se produce con frecuencia una aberración cromática. La aberración cromática también puede corregirse con combinaciones de lentes.

Experimento complementario:

Observación de las trayectorias de la luz

En primer lugar, prepare dos hojas para experimentos para lentes gruesas y delgadas.

Realización del experimento: Dibujar los contornos de las lentes, marcar con una cruz los rayos y unir estas marcas. El experimento se comprende fácilmente si se dibujan los rayos refractados exteriores y central con diferentes colores.

Resultados: ► Fig. 3 y Fig. 4.

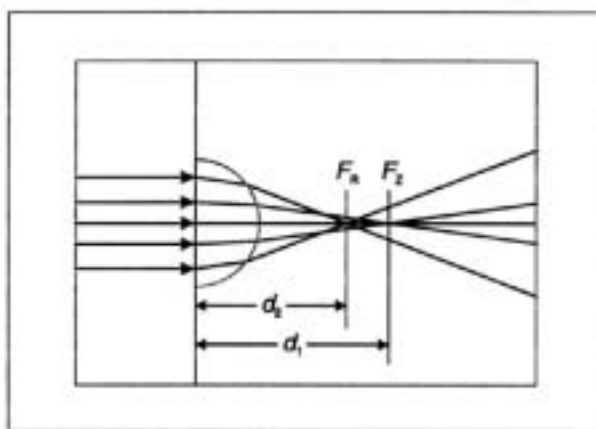


Fig. 3

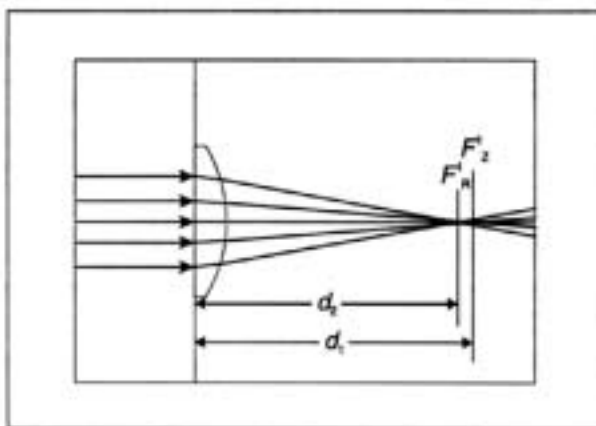


Fig. 4

Notas para el profesor 4

Experimentos avanzados:

En la práctica, las aberraciones en la formación de imágenes se determinan con diafragmas especiales. En el juego de cuatro diafragmas se incluye un diafragma de este tipo.

Montaje sugerido:

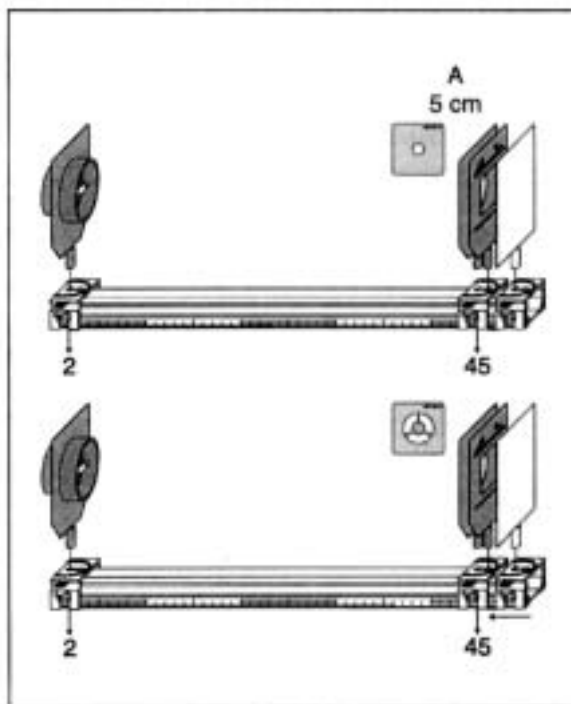


Fig. 5

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente A.	459 60
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diafragma con apertura (Nº 3) de	461 64
	1 Diafragma circular (Nº 3) de	461 63
	1 Pantalla transparente sobre mango	459 24
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Realización del experimento:

- Mueva la lente A para producir un punto luminoso lo más pequeño posible en la pantalla transparente. Este es el punto focal de los rayos centrales.
- Luego, retire el diafragma con apertura del soporte para diafragmas y diapositivas e inserte el diafragma Nº 3, del juego de cuatro diafragmas (Nº de Cat. 461 63).
- Ahora encuentre el punto focal de los rayos exteriores desplazando la pantalla transparente.

Evaluación:

La aberración esférica corresponde a la distancia en la que se desplaza la pantalla transparente, en este experimento 7 mm.

Distorsiones de cojín y de barrilete

Ejercicio: Estudiar el hecho de cómo las imágenes dependen de la posición del diafragma con respecto a la lente.

Objetivo del experimento: *Probar con un experimento que las distorsiones dependen de la posición relativa del diagrama con respecto a la lente.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	5 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B.	459 62
	2 Soportes para diafragmas y diapositivas.	459 33
	1 Transparencia (diapositiva) con forma de rejilla de	461 66
	1 Diafragma con apertura N° 1, dia. 6.25 mm de	461 64
	2 Pantallas transparente con mango.	459 24
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

- Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.

No instale todavía el segundo soporte para diafragmas y diapositivas que contiene el diafragma con apertura.

Nota:

Dos grupos de trabajo deberán trabajar juntamente ya que se precisan dos soportes para diafragmas y diapositivas y dos pantallas transparentes para cada experimento, y cada juego sólo contiene uno de cada uno de ellos.

No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

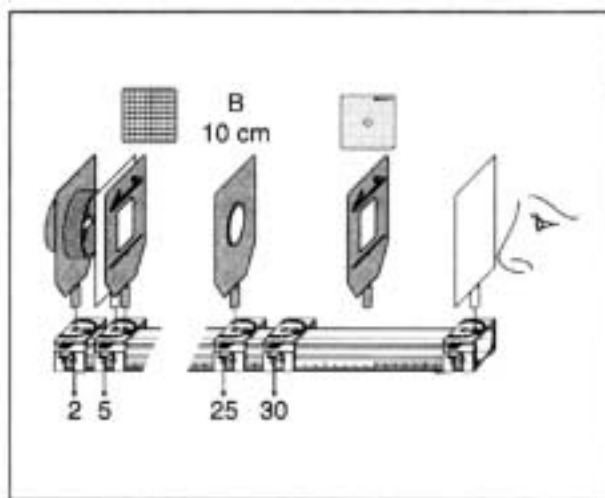


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

2. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
3. Mire a través de la pantalla transparente en dirección a la lámpara y mueva la lente B hasta lograr una imagen nítida del modelo de rejilla.
4. Introducir el soporte para diapositivas y diafragmas con el diafragma de apertura en el jinetillo libre situado entre la lente y la pantalla transparente.
5. Deslice el soporte para diapositivas y diafragmas en dirección hacia la pantalla y observe la imagen. ¿Cómo cambian los lados del cuadrado? Escriba lo observado en ► 8.
6. Coloque el jinetillo y el soporte para diapositivas y diafragmas con el diafragma de apertura delante de la lente B, en la posición 20 cm.
7. Deslice el soporte para diafragmas en dirección hacia la lámpara y observe la imagen. ¿De que manera van cambiando los lados del cuadrado? Apuntar bajo ► 9.

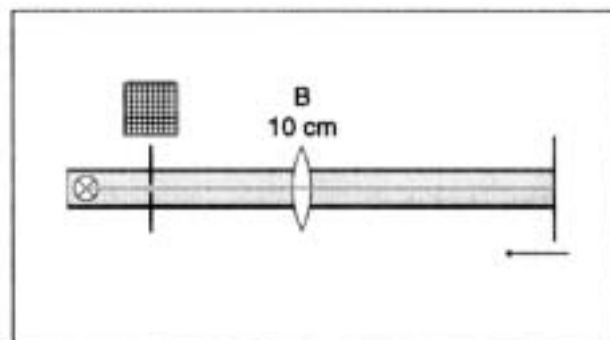


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

8. Los lados del cuadrado se curvan hacia adentro.
9. Los lados del cuadrado se curvan hacia afuera.

Evaluación:

10. Estas clases de aberraciones de lentes se denominan distorsión de cojín y de barrilete. Escriba los nombres correspondientes en los siguientes diagramas.
11. ¿Dónde debemos colocar el diafragma si se desea una imagen sin distorsión?

Si queremos una imagen sin distorsión, debemos colocar el diafragma directamente delante o detrás de la lente.

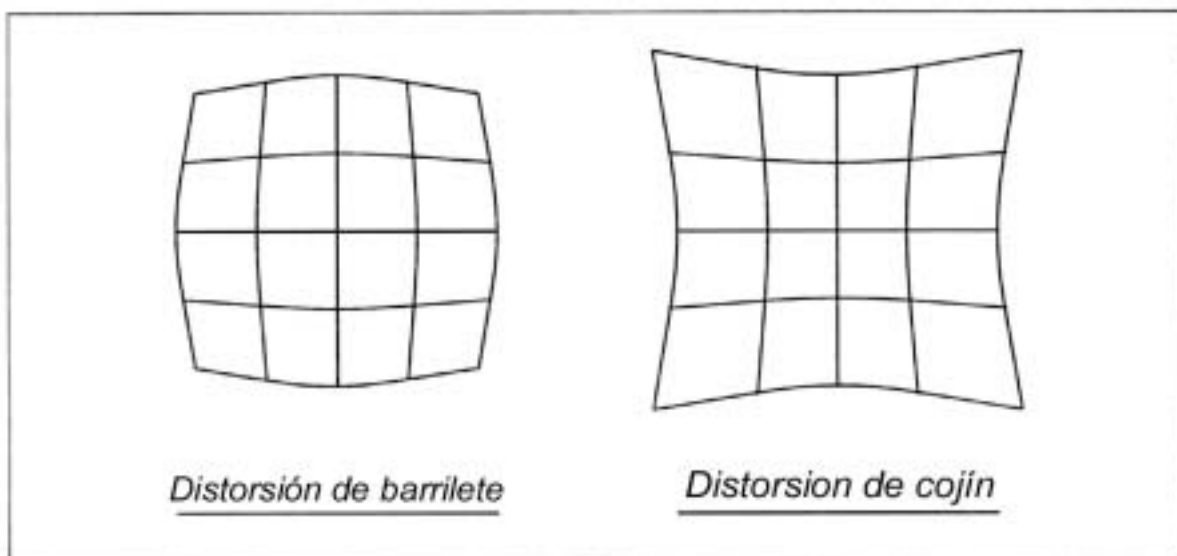


Fig. 3

Distancias focales de sistemas de lentes

Ejercicio: Hallar las distancias focales de los siguientes sistemas de lentes:
a) Convexo – convexo
b) Convexo – cóncavo

Objetivo del experimento: *Comprender que la distancia focal de un sistema de lentes depende de las distancias focales de las lentes individuales y de las distancias entre las lentes.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente B, $f = 10$ cm	459 62
	1 Lente A, $f = 5$ cm.	459 60
	1 Lente H, $f = 30$ cm	459 64
	1 Lente E, $f = -10$ cm.	459 68
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Diapositiva (coche). de	461 66
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Inserte la pantalla transparente en el orificio derecho del jinete derecho.
3. Coloque el objeto reproducible (coche) en el soporte para diafragmas y diapositivas y ubique la pantalla a 35 cm de distancia.

Nota:

No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa. Verifique que la luz sea realmente paralela antes de comenzar con el experimento (ver experimento 06).

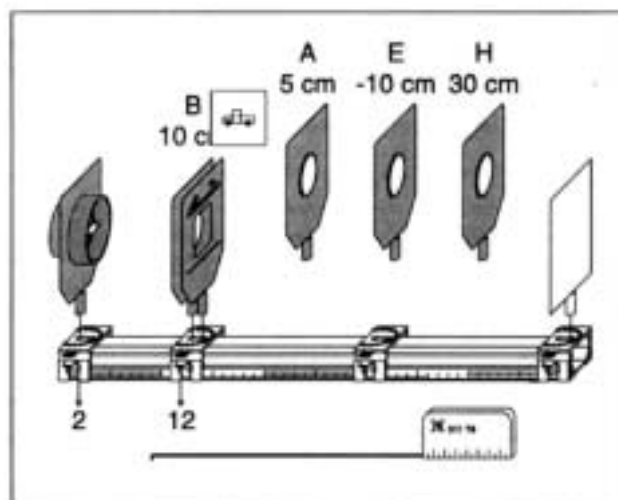


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

4. Monte la lente A en el jinetillo libre y ajuste el sistema de modo tal de lograr una clara imagen del objeto (coche) en la pantalla.
5. Mida la distancia g del objeto y la distancia b de la imagen y escriba los valores en ► 8.
6. Coloque la lente H detrás de la lente A en el mismo jinetillo y repita los pasos 4 y 5. Mida g y b como se indica en la Fig. 3. Escriba los valores en ► 8.
7. Retire la lente H del montaje y ponga la lente E. Luego repita el experimento. Anote los valores en ► 8.

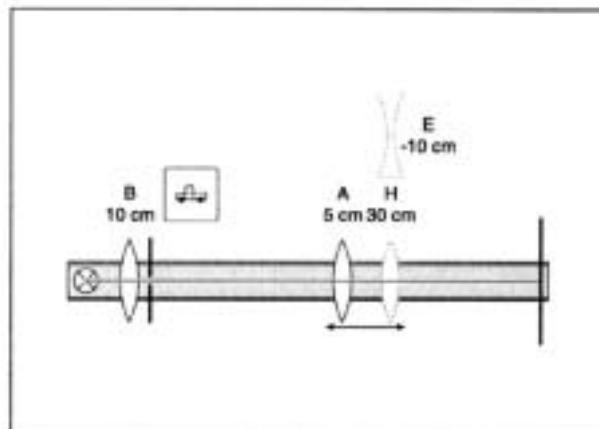


Fig. 2

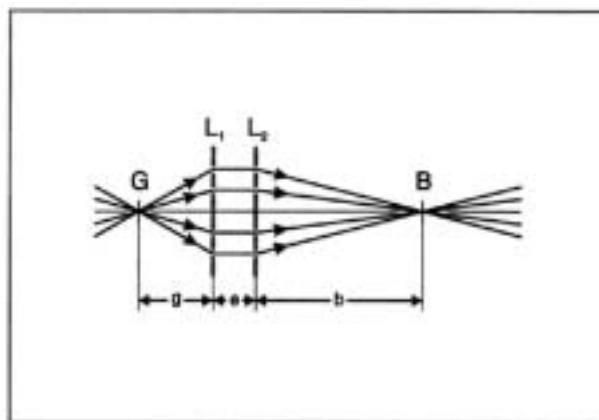


Fig. 3

Observaciones y mediciones:

8.	Sistema de lentes	A	A + H	A + E
	$\frac{g}{\text{mm}}$	60	52	150
	$\frac{b}{\text{mm}}$	290	288	190
	$\frac{f_{\text{calc.1}}}{\text{mm}}$	49.7	44.0	83.8
	$\frac{f_{\text{calc.2}}}{\text{mm}}$	50	42.9	100
	$\frac{f_{\text{calc.3}}}{\text{mm}}$	—	44.1	83.3

Notas para el profesor 3

Evaluación:

9. Con la fórmula de las lentes, $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ calcule las distancias focales $f_{\text{calc.1}}$ de los sistemas de lentes y escriba los valores en la tabla ► 8.

10. Con las distancias focales dadas para las lentes individuales halle las distancias focales $f_{\text{calc.2}}$ de los sistemas de lentes desde $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ y escriba los valores en la tabla ► 8.

11. Compare los valores. ¿Qué puede notar? Escriba lo que considera que esta sucediendo:

Para la combinación de lentes A + E, existe una gran diferencia entre $f_{\text{calc.1}}$ y $f_{\text{calc.2}}$. La razón de esto es la distancia e entre las dos lentes, que sólo origina una diferencia relativamente pequeña para la combinación A + H.

12. Calcule $f_{\text{calc.3}}$ usando la distancia $e = 10 \text{ mm}$ y la fórmula $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1 \cdot f_2}$.

Entonces podemos decir que $f_{\text{calc.3}} = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_1 + f_2 - e}$.

Escriba los valores en la tabla ► 8.

13. ¿De que depende la distancia focal de un sistema de lentes?

La distancia focal de un sistema de lentes depende de

las distancias focales de las lentes individuales y de las distancias entre ellos.

Nota:

Para ser exactos, deberíamos considerar los planos principales. Los planos principales de estos sistemas están a distancias h_1 y h_2 de las lentes. Con las fórmulas éstas se calculan de esta manera:

$$h_1 = \frac{e \cdot f_1}{f_1 + f_2 - e} \text{ y } h_2 = \frac{-e \cdot f_2}{f_1 + f_2 - e}$$

Notas para el profesor 1

Aumento mediante una lupa

Ejercicio: Estudiar como funciona una lupa y hallar su aumento.

Objetivo del experimento: *Comprender el funcionamiento de una lupa y determinar su aumento.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Mesa óptica	459 15
	1 Tira de papel, 5 cm x 9 cm	
	1 Lápiz	
	Cinta adhesiva	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.

La distancia entre la lente y la mesa es de unos 25 cm ("distancia visual diferenciada").

2. Dibujar en las tiras de papel unas escalas de comparación. Distancia entre las líneas horizontales: 5 mm.

Nota:

Dibuje las escalas de comparación con un bolígrafo con punta de fieltro o de tinta.

3. Pegar una de las escalas en la pantalla transparente y la segunda en el borde izquierdo de la mesa óptica.

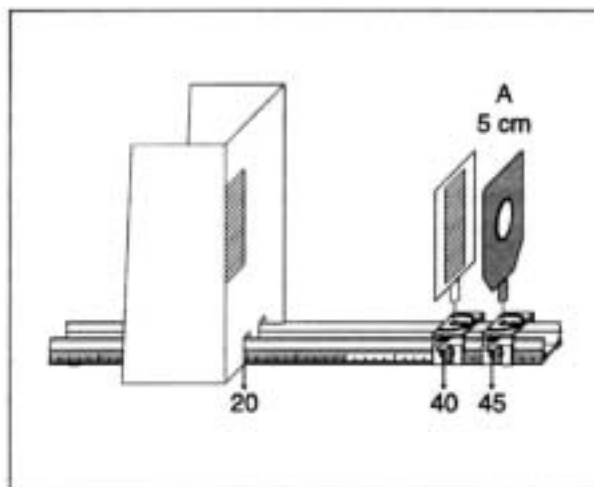


Fig. 1

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Ir aproximando cada vez mas al ojo un lápiz desde una distancia de 40 cm. ¿Qué se puede decir en cuanto al tamaño y la nitidez? Apuntarlo bajo ► 10.

Nota:

La distancia visual diferenciada es 25 cm. El objeto puede acercarse aproximadamente 10 cm a los ojos y ser todavía "nítido".

5. Mantener el lápiz a unos 10 cm delante de los ojos e introducir la lente "A" entre el lápiz y el ojo. ¿Qué cambios pueden observarse? Escriba lo observado en ► 10.
6. Vuelva a colocar la lente en la disposición del experimento.

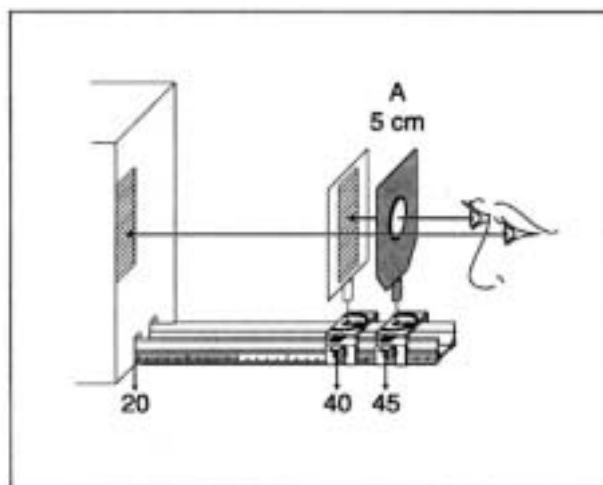


Fig. 2

Parte 2 del experimento

7. Acercar el ojo derecho lo más que se pueda a la lente, de modo que se vean con nitidez los trazos en la pantalla transparente.
Mirar con el ojo izquierdo por el costado de la lente, dirigiendo la vista a la escala en la mesa óptica.
8. Comprobar cuantas porciones de la escala corresponden a la distancia entre dos trazos observados a través de la lupa? Escribir el valor en ► 11.
9. Repita los pasos 7 y 8 para la lente B. Coloque la pantalla transparente en la posición de 35 cm. Anotar el valor en ► 11.

Nota:

También puede montarse un divisor, con el fin de que el alumno no mire con el ojo izquierdo por el costado de la lente, hacia la pantalla transparente.

Observaciones y mediciones.

10. Parte 1 del experimento

Ojo –lápiz: La escritura en el lápiz aumenta de tamaño pero pierde nitidez.

Ojo – lente – lápiz: La escritura en el lápiz aparece aumentada y más nítida.

11. Parte 2 del experimento

Distancia de visión clara $s_0 = 250$ mm.

Distancia focal $\frac{f}{\text{mm}}$	Cantidad de divisiones en la escala	Aumento V_L
50	6	5.0
100	3	2.5

Notas para el profesor 3

Evaluación:

12. ¿Qué sucede si un objeto que se quiere observar se aproxima demasiado al ojo?

La imagen del objeto se vuelve borrosa.

13. ¿Qué efecto tiene una lente con distancia focal pequeña situada entre el ojo y el objeto?

Hace más grande y nítida la imagen del objeto.

14. Una lente de este tipo se denomina “lupa”. Su aumento se calcula como:

$$V_L = \frac{s_o}{f}$$

s_o = distancia visual diferenciada

f = distancia focal de la lente

Utilice esta fórmula para encontrar los aumentos de las lentes A y B. Escriba los valores en ► 11.

15. Complete la oración: cuanto menor sea la distancia focal de una lente, mayor será el aumento.

Experimento adicional:

Puede ampliar la parte 2 del experimento si tiene una lente G, $f = 75 \text{ mm}$ (Nº de cat. 459 61). Para este experimento, coloque la pantalla transparente en la posición de 37.5 cm.

Cambie la tabla de la siguiente manera:

Distancia focal $\frac{f}{\text{mm}}$	Cantidad de divisiones en la escala	Aumento V_L
50	6	5.0
75	4	3.3
100	3	2.5

Uso de la lupa:

Las lupas se usan a menudo para leer letras pequeñas o para observar y estudiar objetos muy pequeños, tales como estampillas, joyas o fotografías.

El objeto se encuentra en el plano focal, de modo que pueda ser visto con el ojo en reposo; la distancia entre la lupa y el objeto dependerá del caso en particular. A distancias mayores, el campo visual es más pequeño, a distancias menores el campo visual es más grande, pero la cantidad de luz que se recoge se reduce (ver también experimento 32).

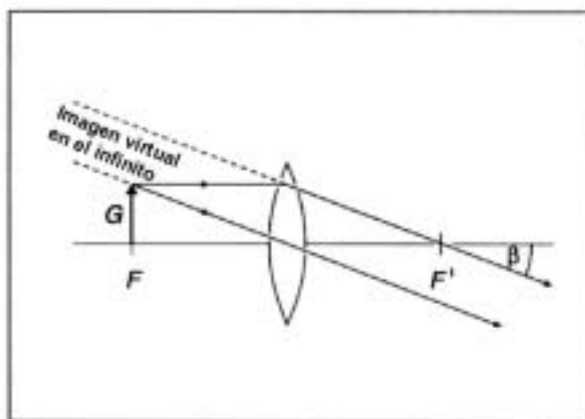


Fig. 3

Notas para el profesor 1

El microscopio

Ejercicio: Estudiar la estructura y la formación de una imagen en el microscopio.

Objetivos del experimento:

- Estudiar el principio de un microscopio.
- Explicación del funcionamiento y de la operación conjunta del objetivo y del ocular.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	5 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, 5 cm x 5 cm	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. No instale todavía la lente B.
2. Escriba la letra "R" en el medio del papel (lo más pequeño posible)
3. Coloque el papel en el soporte para diafragmas y diapositivas (objeto reproducible).

Nota:

El objeto reproducible debe estar situado en el medio del soporte para diafragmas y diapositivas. Tal vez deberá pegar con cinta adhesiva el papel al lado del soporte para diafragmas y diapositivas. No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

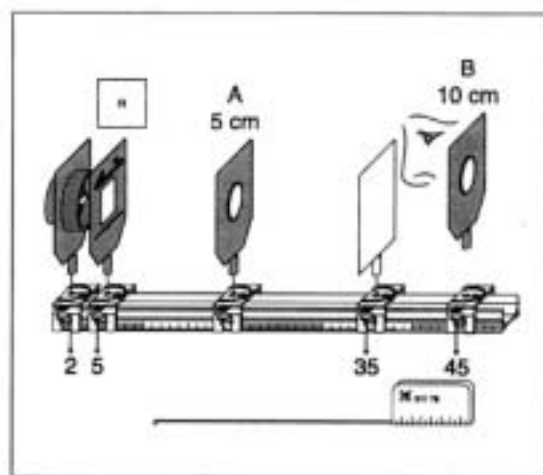


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Mirar en forma oblicua desde arriba hacia la pantalla transparente y desplazar la lente, hasta que la "R" sea reproducida nítidamente en la pantalla (Fig. 2).

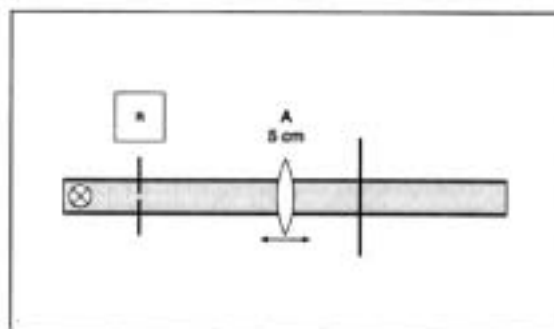


Fig. 2

Notas para el profesor 2

Nota: Puede crearse una imagen nítida y ampliada o una imagen reducida y disminuida cuando el objeto está situado a una distancia mayor que el doble de la distancia focal. Ya que se está construyendo un microscopio, esto último es indeseable.

6. Describa la imagen; tipo, orientación y tamaño. Escriba lo observado en ► 10.
7. Conecte la lámpara a 6 V y monte la lente B en el último jinetillo.
Ya que ahora se tendrá que mirar directamente al haz de luz, reducir a 6 V, para evitar deslumbramientos.
8. Mirar a través de la lente B hacia la pantalla. ¿En que se diferencia la imagen con respecto a la imagen "intermedia" del paso 6? Escriba lo observado en ► 11.
9. Retire la pantalla del sistema. ¿Qué es lo que cambia en la imagen? Apuntarlo en ► 12.

Observaciones y mediciones:

10. La imagen es real, invertida y aumentada.
11. La imagen es virtual e incluso mayor.
12. La imagen se vuelve más clara.

Evaluación:

13. ¿De que esta compuesto el microscopio en su forma más sencilla?

En su forma más sencilla, un microscopio tiene dos lentes concentradoras.

14. Con ayuda del esquema responda las siguientes preguntas:

- a. ¿Dónde se encuentra el objeto G con respecto al objetivo?

El objeto esta situado un poco más alejado

de la distancia focal

- b. ¿Qué se puede decir sobre la imagen intermedia B'?

La imagen intermedia B' es real, aumentada,

está de cabeza y con los lados invertidos.

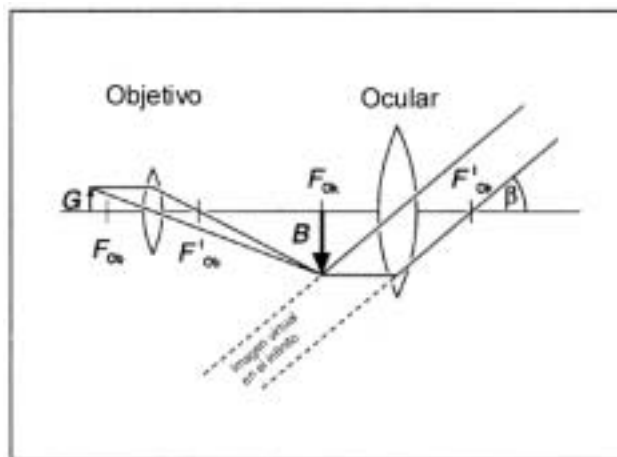


Fig. 3

- c. ¿Qué efecto ejerce el ocular si la imagen intermedia se sitúa dentro de la distancia focal del ocular?

El ocular actúa como una lupa.

- d. ¿Cómo es la imagen B?

La imagen está aún más aumentada, y es virtual.

Nota: El microscopio se basa en el principio de que la imagen intermedia real es mayor que el objeto cuando éste está situado entre la distancia focal y el doble de la distancia focal del objetivo. Esta imagen intermedia se observa a través de una lupa (ocular).

Experimentos adicionales: introducción a la lente de campo.

Cambio del aumento de un microscopio

Ejercicio: Estudiar de qué factores depende el aumento de un microscopio.

Objetivo del experimento: *Comprender que el aumento de un microscopio depende de la distancia focal del objetivo, la distancia focal del ocular y de la longitud del tubo óptico*

1 Raíl metálico de precisión	460 82
4 Jinetillos con pinza	460 95
1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
1 Lente A.	459 60
1 Lente B.	459 62
1 Lente H.	459 64
1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
1 Cinta métrica	311 78

se requiere adicionalmente

1 Transformador 6 V/12 V, 5 A	562 73
1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
1 Hoja de papel blanco, 5 cm x 5 cm	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Escriba la letra "R" en el medio del papel (lo más pequeño posible).
3. Coloque el papel en el soporte para diafragmas y diapositivas (objeto reproducible).

Nota:

El objeto reproducible debe estar situado en el medio del soporte para diafragmas y diapositivas. Tal vez deba pegar el papel al lado del soporte para diafragmas y diapositivas con cinta adhesiva. No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa.

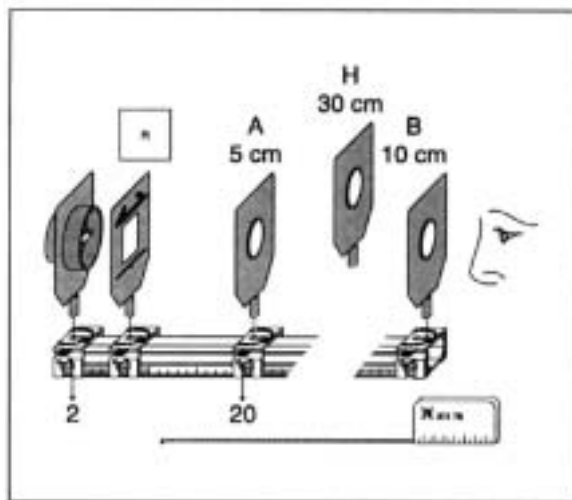


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

Parte 1 del experimento

4. Coloque la lente A en la posición de 20 cm
5. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
6. Desplazar el objeto hasta que se vea con nitidez en el ocular (lente B).
7. ¿Qué puede decir sobre el tamaño de la imagen comparado con el objeto? Escriba lo observado en ► 19.
8. Coloque la lente A en las posiciones de 25 cm, 30 cm y 35 cm sucesivamente y repita el paso 6 para cada posición. Escriba lo observado sobre el tamaño de la imagen en ► 20.

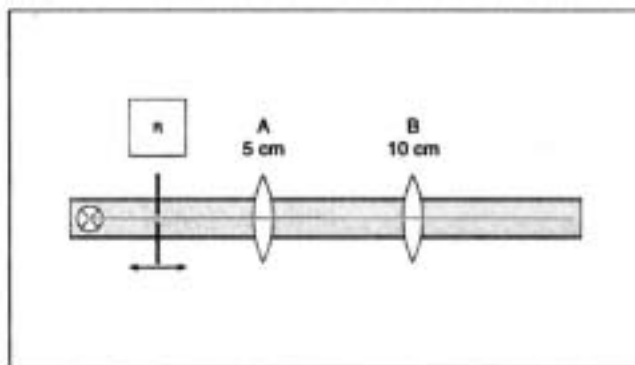


Fig. 2

Parte 2 del experimento

9. Ponga nuevamente la lente A en la posición de 25 cm y mueva el objeto para enfocar la imagen. Observe el tamaño de la imagen.
10. Cambie la distancia focal del ocular poniendo la lente H en el mismo soporte de la lente B. ¿Cuál es la distancia focal del ocular? Escriba el valor en ► 21.
11. Enfoque la imagen. Escriba lo observado sobre el tamaño de la imagen en ► 22.
12. Utilice una segunda lente A para el ocular; en otras palabras $f_{oc} = 5$ cm.
13. Enfoque la imagen. Escriba lo observado sobre el tamaño de la imagen en ► 23.

Parte 3 del experimento

14. Instale nuevamente la lente B como el ocular y enfoque la imagen. Observe el tamaño de la imagen.
15. Varíe la distancia focal del objetivo y monte la lente H en el jinetillo junto con la lente A.
¿Cuál es la distancia focal del objetivo? Escriba el valor en ► 24.
16. Enfoque la imagen. ¿Qué le sucede al tamaño de la imagen? Escriba lo observado en ► 25.
17. Introduzca una segunda lente A en el jinetillo junto con la primera lente A. ¿Cuál es la distancia focal del objetivo? Escriba este valor en ► 26.
18. Enfoque la imagen. ¿Qué le sucede al tamaño de la imagen? Escriba lo observado en ► 27.

Nota:

En los pasos del experimento en que se requiera una segunda lente A, dos grupos deberán trabajar juntos.



Notas para el profesor 3

Observaciones y mediciones:

Parte 1 del experimento

19. La imagen esta muy ampliada .
20. El aumento se vuelve menor cuando la distancia entre el ocular y el objetivo se reduce.

Parte 2 del experimento

21. La lente H ($f = 30$ cm) y lente B ($f = 10$ cm) dan juntas $f_{oc} =$ 7.5 cm.
(exactamente 7.3 cm, ver experimento 39)
22. La imagen es más grande , en otras palabras, el aumento se ha incrementado .
23. La imagen es incluso más grande ; en otras palabras, al aumento se ha incrementado aún más .

Parte 3 del experimento

24. La lente H ($f = 30$ cm) y lente B ($f = 5$ cm) dan juntas $f_{ob} =$ 4.3 cm (exactamente 4.2 cm) .
25. La imagen es más grande , en otras palabras, el aumento se ha incrementado .
26. La lente A ($f = 5$ cm) y lente A ($f = 5$ cm) dan juntas $f_{ob} =$ 2.5 cm (exactamente 2.3 cm) .
27. La imagen es incluso más grande ; en otras palabras, al aumento se ha incrementado aún más .

Evaluación:

28. La distancia entre el objetivo y el ocular se llama longitud del tubo óptico. ¿Cómo varía el aumento cuando la distancia del tubo óptico se hace menor o mayor?

Cuando se achica la longitud del tubo óptico el aumento es menor;

el aumento se incrementa con la longitud del tubo.

29. ¿Cómo varía el aumento cuando la distancia focal del ocular se hace menor?

Cuando la distancia focal del ocular se hace menor, el aumento es mayor.

30. ¿Cómo varía el aumento cuando la distancia focal del objetivo se hace menor?

Cuando la distancia focal del objetivo se hace menor, el aumento es mayor.

Nota:

Podemos decir para el aumento de un microscopio:

$$V_M = \frac{t}{f_{ob}} \cdot \frac{s}{f_{oc}}$$

t = longitud del tubo óptico (distancia entre el punto focal del objetivo y el punto focal del ocular)

s = distancia visual diferenciada

f_{ob} = distancia focal del objetivo

f_{oc} = distancia focal del ocular

Pueden alcanzarse aumentos de hasta 1600x con combinaciones adecuadas de lentes. Los aumentos mayores son inútiles, puesto que el poder de resolución está limitado por los fenómenos de refracción.

Notas para el profesor 4

Con esta fórmula, también podemos reconocer claramente que el aumento se mantiene igual cuando se intercambian el objetivo y el ocular.

También es interesante observar otros objetos con el microscopio, tales como plumas, hilachas, cabellos. Sólo adhiera estos objetos a la pantalla transparente y colóquela en el lugar del objeto.

Variante opcional de la parte 1 del experimento:

En la parte 1 del experimento, es difícil advertir el primer cambio en el tamaño del objeto a simple vista. Para comparar el tamaño, podemos montar la diapositiva con cuadrícula delante de la lente B para que sea claramente visible a través del ocular (► Fig. 3), la cuadrícula está ahora en el plano en que se forma la imagen real intermedia, de manera que se pueda comparar el tamaño de la imagen con las cajas.

Para introducir la cuadrícula, utilice un soporte para diafragmas y diapositivas adicional perteneciente a otro grupo o adhiera el objeto a la pantalla transparente, teniendo cuidado que la letra "R" esté centrada en la lente. El soporte para diafragmas y diapositivas puede usarse ahora para la diapositiva con cuadrícula.

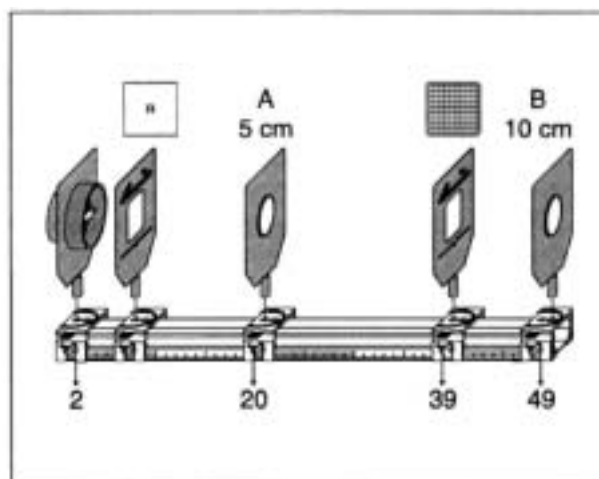


Fig. 3

Modelos de telescopios

Ejercicio: Estudiar la estructura y la formación de la imagen en telescopios

Objetivos del experimento:

- Familiarizarse con los telescopios astronómicos y terrestres.
- Conocer las diferencias entre los modelos de telescopios

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente H.	459 64
	1 Lente E.	459 68
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Cinta métrica.	311 78

Montaje:

- Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
- Levante el banco óptico u oriéntelo de forma tal que pueda mirar, a través de la lente, un objeto distante situado en el exterior, como un árbol, una chimenea o un tejado.

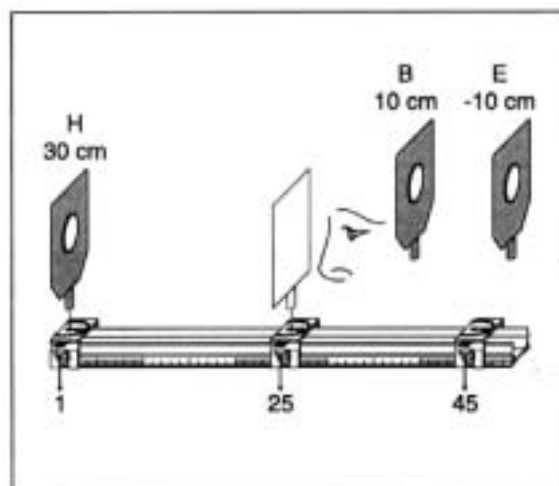


Fig. 1

Realización del experimento:

- Desplazar la pantalla transparente de modo que el objeto, por ej. un árbol, se reproduzca nítidamente (se dice que una imagen está "en foco" o "enfocada" cuando es "nítida").

Nota:

El experimento da mejores resultados si los estudiantes no están muy cerca de las ventanas, ya que allí hay mucha luz incidente que hará "lavar" la imagen.

- Describa la imagen: tipo, orientación y tamaño.

Escriba lo observado en ► 13.

- Coloque la lente B (ocular) en el último jinetillo y mire hacia la pantalla a través de la lente.
- Mueva la lente hacia la pantalla hasta que la imagen esté en foco.

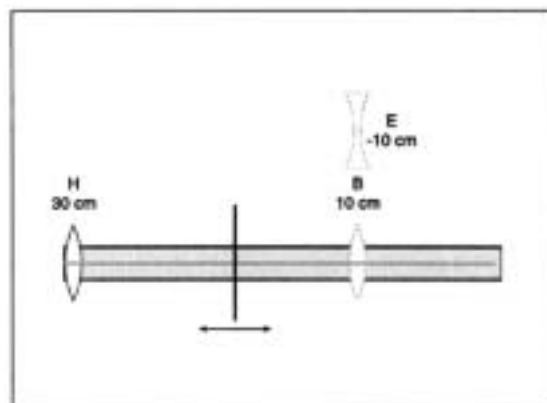


Fig. 2

Notas para el profesor 2

7. Retire la pantalla del montaje del experimento.
8. Describa la imagen: tipo, orientación y tamaño. Escriba lo observado en ► 14.
9. Mida con la cinta métrica la distancia entre las lentes y escriba el valor en ► 15.
10. Reemplace la lente B del montaje por la lente E (ocular). Mueva lentamente el ocular en dirección hacia el objetivo (lente H) hasta que pueda apreciar una imagen nítida del objeto.
11. Describa la imagen: tipo, orientación y tamaño. Escriba lo observado en ► 16.
12. Mida con la cinta métrica la distancia entre las lentes y escriba el valor en ► 17.

Observaciones y mediciones:

13. La imagen es real, invertida y reducida.
14. La imagen es virtual, invertida y aumentada.
15. $l =$ 385 mm.
16. La imagen es virtual, con su lado derecho curvo y aumentada.
17. $l =$ 195 mm.

Evaluación:

18. Al telescopio fabricado con dos lentes concentradoras se lo denomina telescopio “astronómico” o “de Kepler”
19. ¿Cuál es la relación entre la longitud del telescopio astronómico y la distancia focal del objetivo (f_{ob}) y del ocular (f_{oc})?

$$l = f_{ob} + f_{oc}$$

Al telescopio fabricado con una lente concentradora y una lente divergente se lo denomina telescopio “terrestre” o “de Galileo”.

20. ¿Cuál es la relación entre la longitud del telescopio terrestre y las distancias focales de las lentes?

$$l = f_{ob} - |f_{oc}|, \text{ con lo cual } |f_{oc}| \text{ es el valor absoluto de la distancia focal } f_{oc} \text{ (que aquí es negativa).}$$

21. ¿Cuál es la diferencia entre la imagen producida por un telescopio astronómico y la producida por el telescopio terrestre?

La imagen en un telescopio astronómico esta invertida

y en un telescopio terrestre esta derecha.

Nota:

También se puede invertir la imagen de un telescopio astronómico empleando una tercera lente concentradora o una combinación adecuada de prismas. El resultado es un telescopio prismático terrestre.

Variante del experimento:

Si no es posible observar un objeto situado en el exterior, el profesor puede colocar una vela en su escritorio para que los estudiantes pueda formar una imagen y observarla ► Fig. 3.

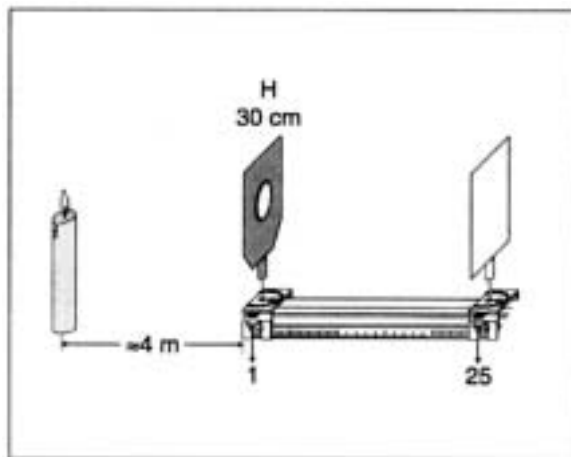


Fig. 3

Aumento de un telescopio terrestre

Ejercicio: Averiguar el aumento de un telescopio usando como modelo el ojo humano.

Objetivo del experimento: • *Determinar el aumento de un telescopio.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente H.	459 64
	1 Lente E.	459 68
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	2 Velas	
	1 Regla	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. La pantalla transparente y la lente B vienen a constituir el modelo del ojo humano.
2. No instale todavía las lentes H + E.
3. Coloque la lente B en el orificio derecho del jinetillo.
4. Las velas deben estar separadas 20 cm.

Nota:

No exponga el lugar de experimentación a la luz solar directa. En lugar de medir la distancia entre dos velas, también se puede medir un objeto situado fuera del aula, tal como una chimenea o un tejado.

Ver también el experimento 43.

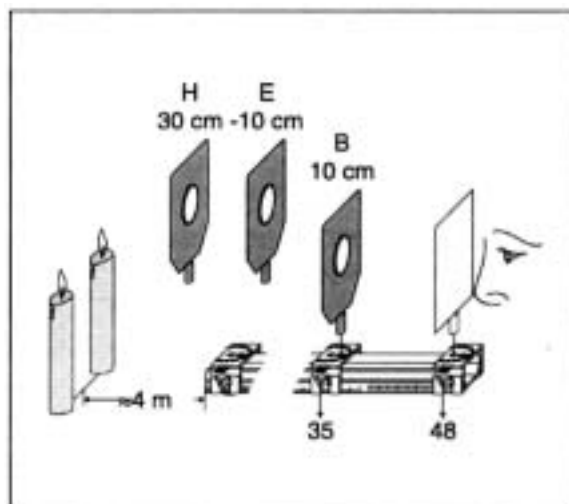


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

5. Encienda las velas.
6. Mirar las velas a través de la pantalla transparente y obtener mediante la lente B una imagen nítida de las llamas de las velas.
7. Mida en la pantalla la distancia r entre las llamas de las velas y anótela en ► 11.
8. Coloque la lente E en calidad de ocular (directamente delante de la lente B) y la lente H en calidad de objetivo.
9. Desplazar el objetivo, hasta que se produzca nuevamente una imagen nítida.
10. Mida en la pantalla la distancia r' entre las llamas de las velas y anótela en ► 11.

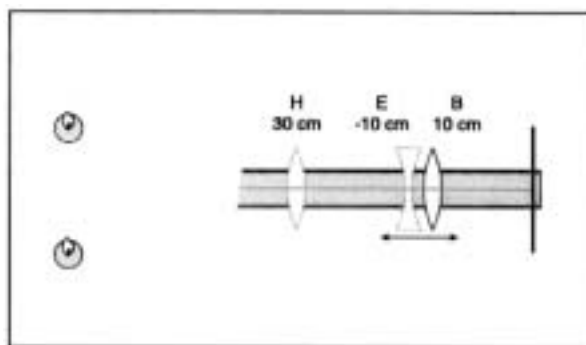


Fig. 2

Observaciones y mediciones:

11.	Distancia $\frac{r}{\text{mm}}$	7.5
	Distancia $\frac{r'}{\text{mm}}$	24
	Distancia focal $\frac{f_{\text{Oc}}}{\text{mm}}$	-100
	Distancia focal $\frac{f_{\text{Ob}}}{\text{mm}}$	300
	Aumento $V = \frac{r'}{r}$	3.2
	Aumento $V = \frac{f_{\text{Ob}}}{f_{\text{Oc}}}$	3.0

Nota:

Con $\frac{B}{G} = \frac{b}{g}$, los resultados naturalmente varían. Esto significa que los estudiantes que están más alejados llegarán a resultados diferentes de aquellos situados en el frente del aula. Sin embargo, si se trabaja con un objeto exterior ($g = \infty$) las diferencias serán muy pequeñas, si es que existen.

Notas para el profesor 3

Evaluación:

12. Calcule el aumento $V = \frac{r'}{r}$. Escriba el valor en la tabla ► 11.

13. Anote las distancias focales de la lente del ocular y de la lente objetivo.

Hallar el aumento en base a la relación existente entre las distancias focales $V = \frac{f_{Ob}}{f_{Oc}}$. Escriba el valor en la tabla ► 11.

Nota:

Para el aumento (en términos absolutos) podemos decir que $|V| = \frac{f_{Ob}}{f_{|Oc|}}$. Ya que f_{Oc} es negativo, V también

lo es y se puede ver una imagen derecha. Por ende en un telescopio terrestre el aumento V es igual al cociente de f_{Ob} y f_{Oc} .

Dado que el aumento se incrementa cuando se utilizan lentes objetivo con distancias focales mayores, el largo del telescopio también aumenta.

14. Experimentos adicionales:

Reemplace la lente objetivo H por la lente C , $f = 20$ cm (Nº de Cat. 459 63) para estudiar la dependencia del aumento en las lentes objetivo.

	Lentes $H + E$	Lentes $C + E$
Distancia $\frac{r}{\text{mm}}$	7.5	7.5
Distancia $\frac{r'}{\text{mm}}$	24	16
Distancia focal $\frac{f_{Oc}}{\text{mm}}$	-100	-100
Distancia focal $\frac{f_{Ob}}{\text{mm}}$	300	200
Aumento $V = \frac{r'}{r}$	3.2	2.1
Aumento $V = \frac{f_{Ob}}{f_{Oc}}$	3.0	2.0

Evaluación:

15. Pregunta opcional:

¿Cuál es la relación entre el aumento y la distancia focal de la lente objetivo?

El aumento del telescopio aumenta con la distancia focal de la lente objetivo.

Aumento de un telescopio astronómico

Ejercicio: ¿Qué factores influyen en el aumento de un telescopio astronómico?

Objetivo del experimento: *Estudiar el efecto de las distancias focales del ocular y del objetivo en el aumento del telescopio astronómico.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente H.	459 64
	1 Objeto para observación (por ej. una goma)	

Montaje:

- Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1. Ajuste la distancia

$$l = f_{ob} + f_{oc}$$

Nota:

El objeto debe estar bien iluminado. Sin embargo, también es posible observar un objeto exterior al aula, tal como un árbol, una chimenea, un balcón, etc. En esta versión, los estudiantes no deben trabajar muy cerca de las ventanas; la luz ambiental en exceso "lavará" la imagen (ver experimento 43).

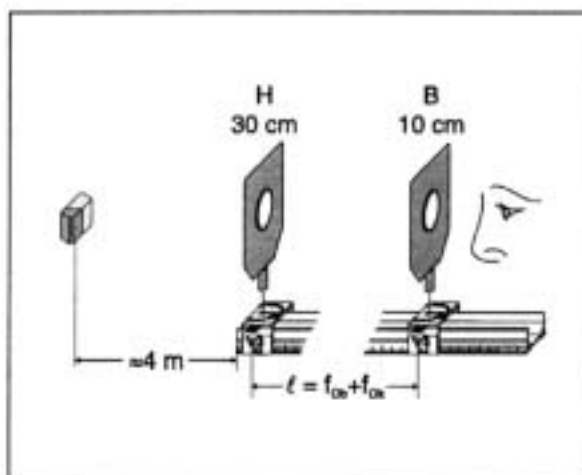


Fig. 1

Realización del experimento:

- Mire el objetivo a través del ocular (lente B) (Enfoque el sistema si es necesario)
- Reemplace la lente B por la lente A. Vuelva a enfocar la imagen.
- ¿Qué se puede decir sobre el tamaño de la imagen? Escriba lo observado en ► 7.
- Reemplace la lente H por la lente B. Enfoque nuevamente la imagen.
- ¿Qué se puede decir sobre el tamaño de la imagen? Escriba lo observado en ► 8.

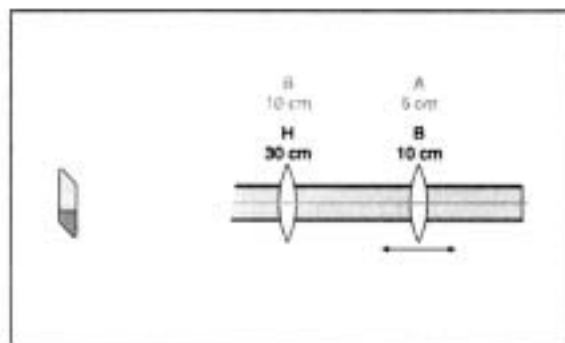


Fig. 2

Notas para el profesor 2

Observaciones y mediciones:

7. La imagen producida por la lente del ocular A ($f = 5$ cm) es mayor que la imagen producida por la lente B ($f = 10$ cm).
8. La imagen producida por la lente objetivo B ($f = 10$ cm) es menor que la imagen producida por la lente H ($f = 30$ cm).

Evaluación:

9. ¿Cuál es la relación entre el aumento del telescopio astronómico y la distancia focal de la lente del ocular?
Cuanto menor sea la distancia focal del ocular del telescopio astronómico, mayor será el aumento.
10. ¿Cuál es la relación entre el aumento del telescopio astronómico y la distancia focal del objetivo?
Cuanto menor sea la distancia focal del objetivo del telescopio astronómico, menor será el aumento.
11. Expresar las respuestas a los puntos 9 y 10 en forma matemática (desarrollar una fórmula).
Utilice los siguientes términos:
Aumento: V
Distancia focal del objetivo: f_{ob}
Distancia focal del ocular: f_{oc}

$$V = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

Nota:

En los telescopios astronómicos, además de la potencia amplificadora, el brillo de la imagen es también importante. El brillo puede aumentarse al incrementar la abertura del objetivo (► Fig. 3).

Los telescopios y los binoculares que se venden en las tiendas tienen designaciones tales como 7x50 ó 8x20. El primer número es el aumento, mientras que el segundo nos indica el diámetro de la lente objetivo (mm). Recuerde: cuanto mayor sea el diámetro de la lente objetivo, mayor utilidad tendrá el telescopio en la penumbra o incluso en la oscuridad.

Es muy complicado fabricar grandes lentes que no tengan defectos. Esta es la razón por la cual los telescopios astronómicos utilizan espejos cóncavos en lugar de lentes objetivo.

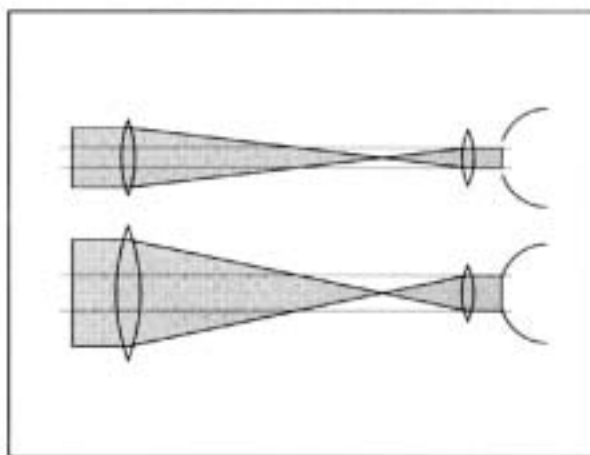


Fig. 3

La cámara fotográfica

Ejercicio: ¿De que manera la distancia focal del objetivo cambia el tamaño de la imagen?

Objetivo del experimento: *Desarrollar los principios de las lentes telefotográficas de abertura grande estándar*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	2 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente H.	459 64
	1 Pantalla transparente con mango	459 24

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Levante el banco óptico u oriéntelo de forma tal que pueda mirar un objeto exterior distante a través de la lente.

Nota:

Los estudiantes no deben trabajar muy cerca de las ventanas; la luz ambiental en exceso "lavará" la imagen.

Si se trabajara con un objeto del aula, asegúrese de que esté bien iluminado.

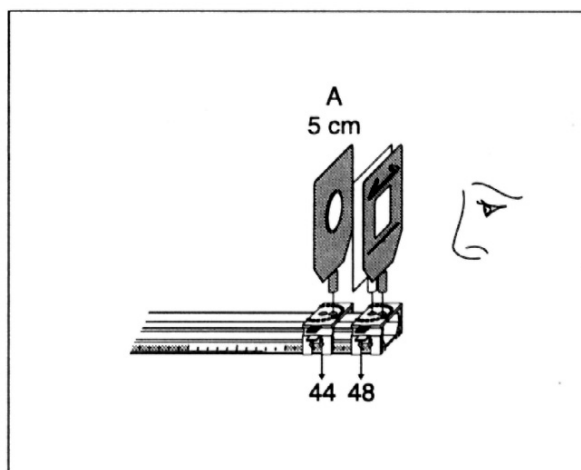


Fig. 1

Realización del experimento:

3. Mueva la lente A hasta que vea una imagen nítida en la pantalla transparente. En este experimento, la abertura del soporte para diafragmas y diapositivas corresponde al tamaño de la película.
4. Repita el paso 3 con la lente B y la lente H. ¿Cómo cambian el tamaño de la imagen y la intensidad luminosa? Escriba lo observado en ► 7.
5. Ahora use las lentes A y B juntas, como el objetivo. ¿Cuál es la distancia focal del objetivo? Escriba este valor en ► 8.
6. Enfoque nuevamente la imagen. Observe el tamaño, brillo, y campo visual de la imagen: ¿en se diferencia ahora la imagen? Escriba lo observado en ► 9.

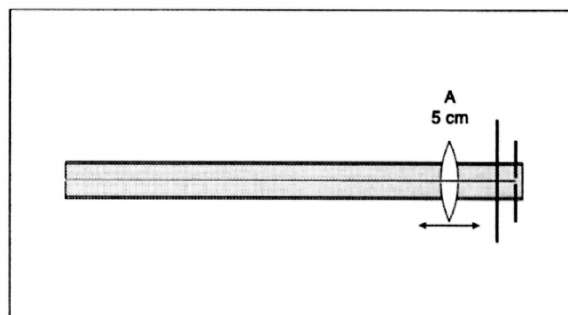


Fig. 2



Notas para el profesor 2

Observaciones y mediciones:

7. El tamaño de la imagen aumenta y la intensidad luminosa disminuye.
8. La lente A ($f = 5 \text{ cm}$) y la lente B ($f = 10 \text{ cm}$) dan juntas una distancia focal de $f_{\text{ob}} = \underline{3.3 \text{ cm}}$.
9. Si la imagen es menor, la intensidad luminosa es mayor y el campo visual es más grande.

Evaluación:

10. ¿Qué distancia focal del objetivo nos da la imagen más grande?

La imagen es máxima para las distancias focales del objetivo $f = 10 \text{ cm}$ y $f = 30 \text{ cm}$.

Entonces podemos decir que cuanto mayor sea la distancia focal, mayor será la imagen: aparece muy cerca.

No obstante, el campo visual se torna muy pequeño. A estas clases de objetivos los llamamos "lentes telefotográficas". Las lentes telefotográficas que se venden en las tiendas tienen distancias focales de 85 mm a 300 mm.

11. ¿Qué distancia focal del objetivo nos da el más amplio campo visual?

Distancias focales muy pequeñas nos dan el más amplio campo visual, aquí $f = 3.3 \text{ cm}$ y $f = 5 \text{ cm}$.

A estos tipos de objetivos los denominamos "lentes de gran ángulo". Se utilizan para fotografías de paisajes y para grandes fotografías de recintos. Las distancias focales más comunes para las lentes de gran ángulo son de 2.8 cm y 3.5 cm.

La lente A, $f = 5 \text{ cm}$ actúa como un objetivo estándar.

Notas para el profesor 1

Profundidad de campo de la cámara

Ejercicio: ¿Qué efecto tiene la abertura en la profundidad de campo?

Objetivo del experimento: *Aprender como influye la abertura en el campo de profundidad y en el brillo.*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	4 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente A.	459 60
	2 Soportes para diafragmas y diapositivas.	459 33
	1 Diapositiva (coche) de	461 66
	1 Juego de 4 diafragmas de agujero.	461 64
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Mesa de óptica.	459 15
	1 Cinta métrica	311 78
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 A ej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Nota:

Dos grupos de trabajo deben trabajar juntos, ya que cada juego de equipos sólo tiene un soporte para diafragmas y diapositivas.

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Doble 1 cm el lado más corto del papel y cuélguelo de la mesa óptica.

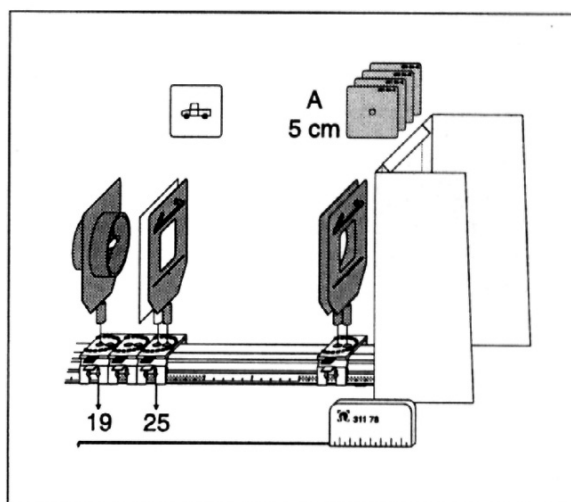


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

3. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
4. Mueva la lente A hasta que aparezca una imagen nítida en la pantalla (mesa óptica) (► Fig. 2).
5. Con el diafragma 4 enfoque la imagen por primera vez; esto bloqueará los rayos exteriores (también llamados “rayos periféricos”).
6. Mida la distancia entre la diapositiva y el diafragma 4 con la cinta métrica y escriba este valor en ► 13.
7. Retire el diafragma 4 del montaje y ponga el diafragma 3 en su lugar.
8. Mueva la lámpara/objeto lo más atrás posible conservando la nitidez de la imagen. Observe el brillo de la imagen (► Fig. 3).

Nota:

El jinetillo situado entre la lámpara y la pantalla transparente /diapositiva actúa como un espaciador, evita que la pantalla no se caliente demasiado y se deforme a causa del calor de la lámpara.

9. Mida con la cinta métrica la distancia entre la diapositiva y el diafragma de agujero y escriba este valor en ► 14.
10. Mueva el objeto/lámpara lo más adelante posible conservando la nitidez de la imagen.
11. Mida con la cinta métrica la distancia entre la diapositiva y el diafragma de agujero y escriba este valor en ► 14.
12. Repita los pasos 8 a 11 para los diafragmas 2 y 1. Observe el brillo de la imagen.

También podemos medir la profundidad de campo colocando el objeto dentro de la gama de borrosidad por delante o por detrás del foco y luego encontrar el punto en el cual la imagen se hace nítida.

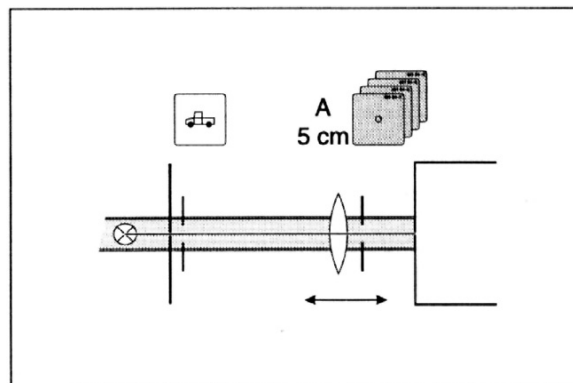


Fig. 2

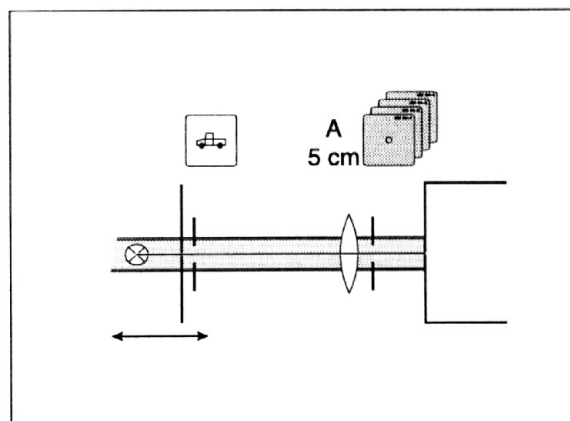


Fig. 3

**Notas para el profesor 3****Observaciones y mediciones:**

13. Distancia entre la diapositiva y el diafragma de agujero 4: 188 mm.

14.

Diafragma	Distancia entre la diapositiva y el diafragma mm		Profundidad de campo mm
	atrás	delante	
3	189	175	14
2	193	173	20
1	196	170	26

Nota:

Ya que el enfoque es subjetivo, los resultados de las mediciones de los estudiantes pueden diferir. Por esta razón, la tabla sólo puede mostrar el orden de magnitud que indica la tendencia de los resultados.

Evaluación:

La profundidad de campo es la diferencia entre la distancia más grande y la más pequeña en las que el objeto esta nítidamente enfocado.

15. Calcule la profundidad de campo para los diafragmas 3 a 1 y escriba los valores en la tabla ► 14.

16. ¿Cuál es la relación entre la profundidad de campo y el tamaño de la abertura del diafragma?

Cuanto menor sea la abertura, mayor será la profundidad de campo.

17. ¿Qué efecto ejerce la abertura en el brillo?

Cuanto menor sea la abertura, menos brillo tendrá la imagen.

18. ¿Cómo influyen los resultados de 15 y 16 en los tiempos de exposición de una cámara fotográfica?

Cuanto mayor sea la profundidad de campo, menos brillo tendrá la imagen y mayor debe ser el tiempo de exposición.

Notas para el profesor 4

Nota:

En la práctica, las cámaras fotográficas tienen una iris. Esto consiste en placas de acero movibles que permiten al que la utiliza a variar continuamente el tamaño de la abertura.

Los números de abertura dados para las aberturas de las lentes equivalen a la proporción existente entre la distancia focal del objetivo y el diámetro de la abertura.

$$\text{Número de abertura} = \frac{f}{d} = \frac{100 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} \approx 8$$

Los diafragmas 1- 3 resultan igualmente en número de abertura utilizados en las cámaras fotográficas corrientes. El cálculo de los números de abertura se podrá realizar como ejercicio adicional.

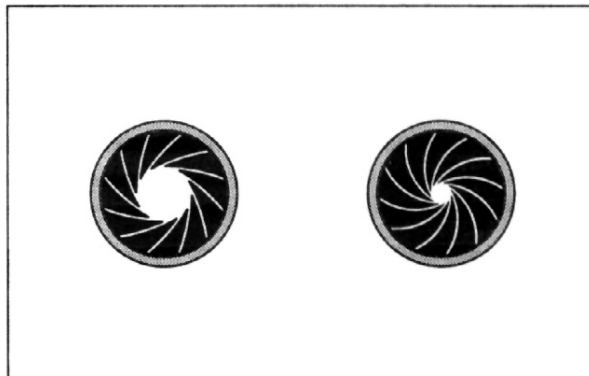


Fig. 4

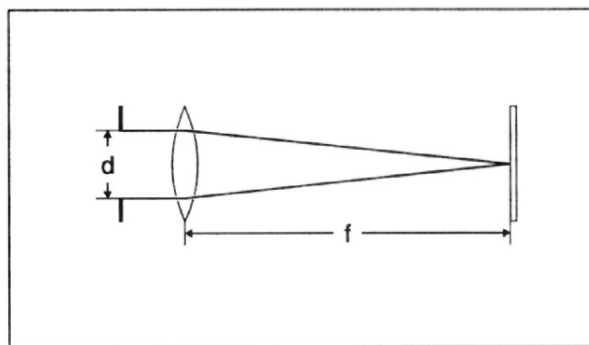


Fig. 5

Notas para el profesor 1

Proyector de diapositivas

Ejercicio: Construir un aparato proyector de diapositivas capaz de funcionar y estudiar la influencia de las lentes en la iluminación del objeto y en la calidad de la imagen

Objetivos del experimento:

- Crear un proyector de diapositivas paso a paso
- Estudiar el modo de funcionamiento del objetivo y de la lente condensadora

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Juego de dos transparencias	461 66
	1 Mesa de óptica	459 15
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1 (no instale todavía la lente A).
2. Doble 1 cm el lado más corto del papel y cuélguelo de la mesa óptica para que forme una pantalla.
3. Mueva la mesa óptica a lo largo del eje del banco óptico a la posición 80 cm.

Nota:

Oscurezca algo el ambiente al realizar el experimento.

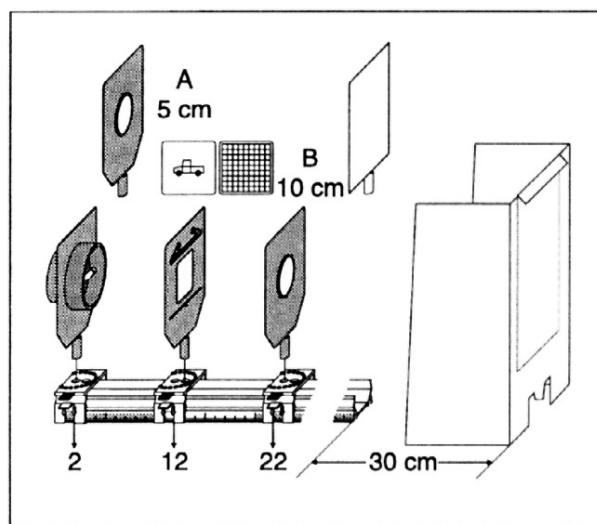


Fig. 1

Notas para el profesor 2

Realización del experimento:

4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Mueva la lente B hasta que se produzca una imagen nítida en la pantalla.
6. Describa la posición, la clase y el tamaño de la imagen y anótalo en ► 13.
7. ¿Qué distorsiones tiene la imagen proyectada? Apuntarlo bajo ► 13.
8. Retire la diapositiva con el coche del montaje y coloque en ese lugar la diapositiva con cuadrícula. Contar el número de cuadrados que aparecen completamente en la imagen y escribir este valor en ► 15.
9. ¿Cuál es la calidad de la imagen? Escribir lo observado en ► 16.

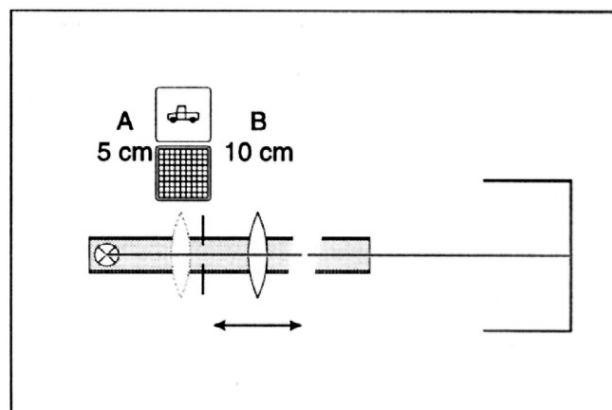


Fig. 2

10. Coloque la lente A directamente por delante del soporte para diafragmas y diapositivas y en el mismo jinetillo del mismo. Cuente el número de cuadrados y escriba este valor en ► 17.

Nota:

El número absoluto de cuadrados no es importante; sólo lo es a los fines de la comparación.

11. ¿Qué cambio puede percibir en la calidad de la imagen? Escribalo en ► 18.
12. En la pantalla podemos ver la imagen de la diapositiva. ¿Dónde se puede ver la imagen del filamento de la lámpara? Para encontrar la imagen del filamento de la lámpara, sostenga la pantalla transparente en su mano y muévala a lo largo del recorrido del rayo. Escriba el resultado en ► 19.

Observaciones y mediciones:

13. La imagen es real, con los lados invertidos, está de cabeza y aumentada.
14. La imagen proyectada es no muy clara, e incompleta.
15. La lente A produce una imagen con 12 cuadrados.
16. Los cuadrados muestran un patrón claro de distorsión de cojín.
17. Las lentes A y B producen juntas una imagen con aproximadamente 24 cuadrados.
18. El brillo de la imagen
es mayor y la distorsión de cojín ha desaparecido.

19. La imagen del filamento de la lámpara esta

aproximadamente en el mismo lugar que la lente B;

en otras palabras, sólo se ilumina una pequeña porción del centro de la lente.

Esto evita las distorsiones originadas por los rayos exteriores (ver también experimento 38).

Notas para el profesor 3

Evaluación:

20. La lente objetivo B proyecta en la pantalla la imagen del objeto. ¿Cómo deberá introducirse la diapositiva en el proyector de diapositivas si queremos obtener una imagen que esté parada y sin los lados invertidos (una imagen derecha)?

La diapositiva debe introducirse en el proyector

con los lados invertidos y de cabeza

21. La lente A hace de "condensador". ¿Qué trabajo realiza este condensador?

El condensador ilumina la diapositiva

completa y uniformemente.

La calidad de la imagen es superior ya que la imagen es más clara y

se reducen las aberraciones de las lentes en el objetivo (Fig. 3).

Además, el campo de imagen es más grande.

Nota:

Puede usar el montaje del paso 10 para proyectar las ilusiones ópticas en el experimento 51.

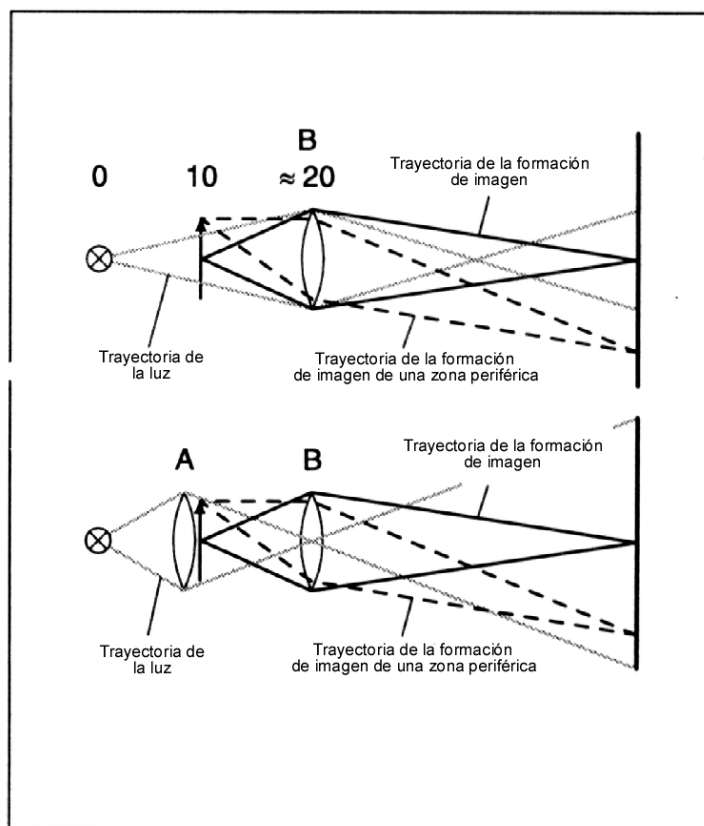


Fig. 3

Notas para el profesor 1

El ojo humano

Ejercicio: Estudiar el funcionamiento del ojo humano en base a un modelo.

Objetivo del experimento: *Comprender como se adapta el cristalino del ojo humano al distintas distancias de objetos*

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Pantalla transparente con mango	459 24
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente H.	459 64
	1 Objeto reproducible (diapositiva)de	461 66

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1 (no instale todavía el soporte para diafragmas y diapositivas y la lente H).
2. El extremo izquierdo del banco óptico debe señalar en dirección hacia un crucero de ventanas o hacia un objeto ubicado en la ventana (una planta por ejemplo), situado a unos 3-4 m de distancia.

Nota:

El objeto debe estar cerca de la ventana para que este bien iluminado.

No obstante, también puede usar una vela en lugar de una ventana y un objeto reproducible. El experimento resultará ser entonces bastante interesante, ya que la llama de la vela causará una reproducción bien visible en la pantalla, por ser un cuerpo luminoso.

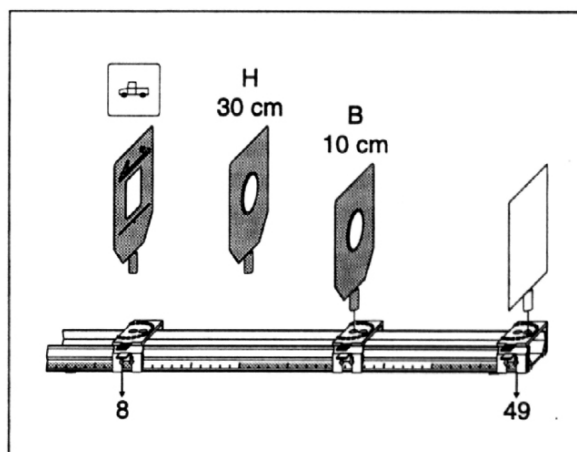


Fig. 1

Realización del experimento:

3. La lente B representa la córnea del ojo, la pantalla transparente la retina. Correr la lente B, hasta que en la pantalla transparente aparezca una reproducción nítida de la ventana o de otro objeto.
4. Poner el soporte para diafragmas y diapositivas con el objeto reproducible (diapositiva con un coche) en la posición "8 cm".
5. ¿Qué puede decir sobre la imagen en la retina? Escriba lo observado en ► 7.
6. Coloque la lente H en el jinetillo junto con la lente B (la lente H actúa como la lente del ojo). ¿Qué puede decir ahora sobre la imagen? Escriba lo observado en ► 8.

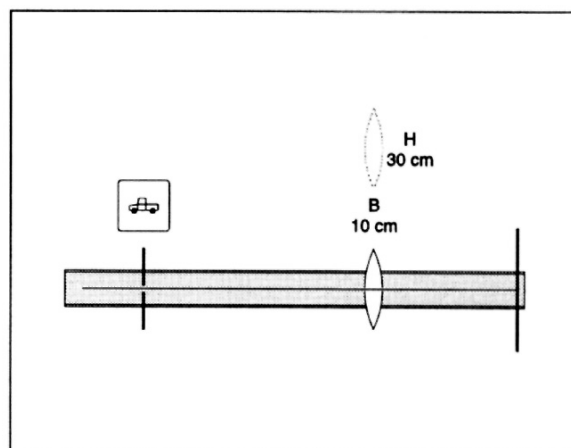


Fig. 2

Notas para el profesor 2

Observaciones y mediciones:

7. En la retina vemos una imagen borrosa del objeto, aquí el coche.
8. En la retina vemos ahora una imagen nítida del objeto.

Evaluación:

9. ¿De que manera cambia el cristalino del ojo cuando se adapta (se acomoda) a un cambio en la distancia del objeto?

Cambia la distancia focal, en otras palabras el radio de curvatura del cristalino.

10. ¿Qué apariencia tiene la imagen cuando el ojo no se puede acomodar correctamente?

El objeto aparece borroso.

Nota:

Es requisito para este experimento que los estudiantes comprendan como trabaja el cristalino del ojo humano:

La curvatura de la córnea da el mayor efecto óptico en el ojo humano (► Fig. 3). La imagen ya es enfocada aproximadamente en el plano de la retina por refracción de la luz en el paso del aire a la córnea.

La imagen es enfocada por el cristalino; su radio de curvatura puede ser modificado por el músculo ciliar, que a su vez modifica la distancia focal. En este experimento, simulamos el acomodamiento elástico del radio de curvatura del cristalino utilizando una lente con un radio de curvatura mayor.

Además del cristalino, hay todavía otras partes del ojo humano (córnea, humor acuoso, humor vítreo) que intervienen en la refracción.

El hecho de que el ojo perciba una imagen de lados invertidos y puesta de cabeza y sin embargo veamos imágenes con sus lados correctos y que no estén invertidas, se debe a experiencias adquiridas por el cerebro y que se han aprendido en temprana edad.

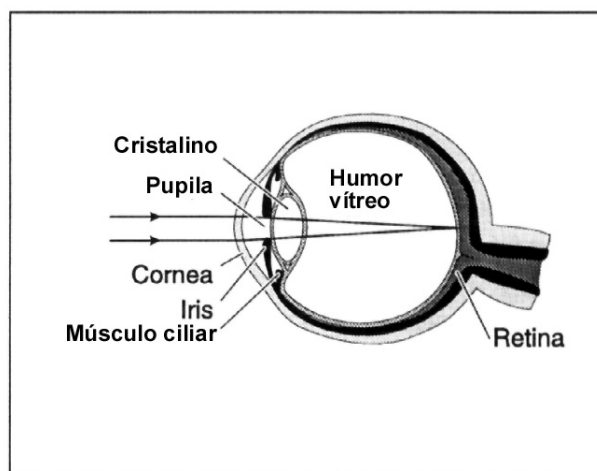


Fig. 3

Defectos de la vista y su corrección

Ejercicio: Estudiar la manera de corregir defectos de la vista (miopía e hipermetropía).

Objetivo del experimento:

- Conocer las causas de la miopía y de la hipermetropía.
- Corrección de los defectos de la vista mediante lentes adecuadas.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lente B.	459 62
	1 Lente E.	459 68
	1 Lente H.	459 64
	1 Pantalla transparente con mango	459 24

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. No instale todavía las lentes E y H.
3. Colocar el banco óptico de forma tal que el extremo izquierdo señale hacia una ventana que se encuentre a unos 3 a 4 m de distancia.

Nota:

La ventana o el objeto debe estar bien iluminada para que se produzca una clara imagen en la pantalla.

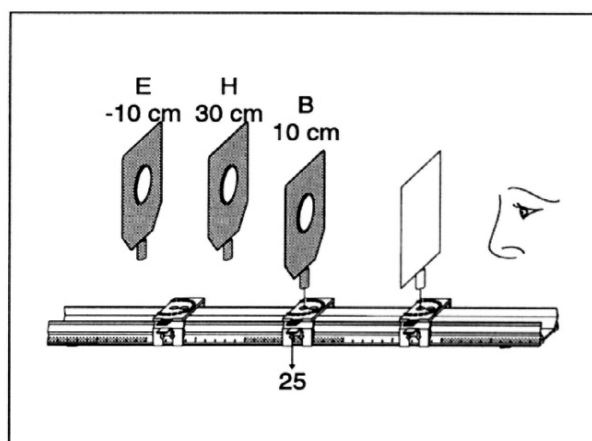


Fig. 1

Realización del experimento:

4. Mire hacia la pantalla transparente (retina) y desplazarla hasta que se obtenga una imagen nítida de la ventana.
5. Ahora desplazar la pantalla transparente a la posición de 31 cm (posición I).
6. ¿Qué lente se tendrá que poner delante del modelo del ojo humano para que la reproducción sea nuevamente nítida? Escribir la respuesta en ► 8.

Nota:

Los alumnos deben experimentar para hallar la lente correctora correspondiente.

7. Desplace la pantalla transparente a la posición 41 cm (posición II) y repita el paso 6.

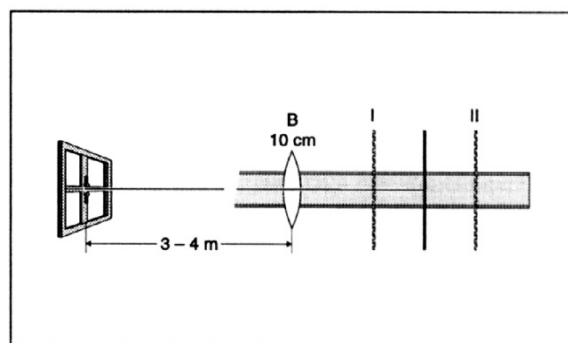


Fig. 2

**Notas para el profesor 2****Observaciones y mediciones:**

8.	Posición de la retina	Lente correctora	Tipo de lente
	I	<i>H</i>	<i>Lente concentradora</i>
	II	<i>E</i>	<i>Lente divergente</i>

Evaluación:

En su ajuste básico (paso 4), la lente y la pantalla vienen a representar el modelo de un ojo humano con visión normal.

9. ¿Qué modificaciones resultan de un acortamiento del globo ocular (posición de la retina I), o bien de un alargamiento del globo ocular (posición de la retina II)?

Las imágenes en la retina son borrosas.

10. Dibuje en los esquemas de la Fig. 3 de los defectos de la vista, las lentes correctoras que correspondan:

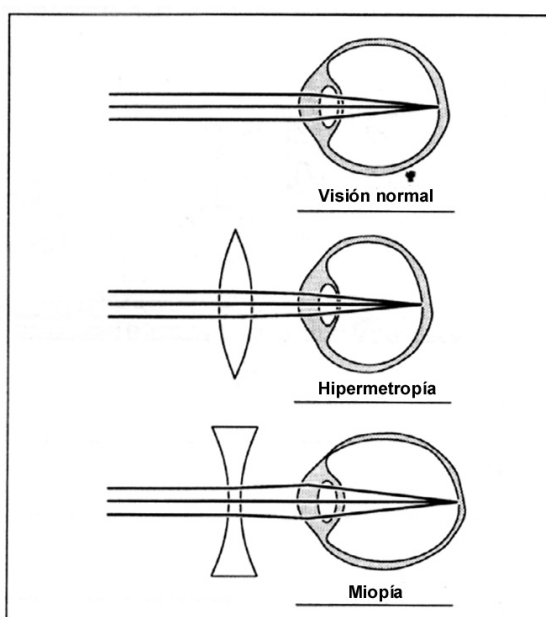


Fig. 3

11. El ojo hipermetrope puede corregirse con una lente concentradora.

El ojo miope puede corregirse con una lente divergente.

Nota:

La vista se corrige con anteojos y lentes de contacto que tienen una forma adecuada.

Su intensidad no está dada por la distancia focal f sino por el poder refringente D : $D = \frac{1}{f'}$

El poder refringente D se mide en dioptrías (dpt): $1 \text{ dpt} = \frac{1}{1\text{m}}$.

Ilusiones ópticas

Ejercicio: ¿Es real todo lo que ve?

Objetivos del experimento: • Entender como se puede engañar al ojo.

• Conocer los diferentes tipos de ilusiones ópticas.

Nota: El tema "ilusiones ópticas" abarca un campo muy amplio. Este experimento sólo puede brindar una idea general de este tema, y estimular a los estudiantes a encontrar otras ilusiones ópticas.

Aparatos:	1 Raíl metálico de precisión	460 82
	3 Jinetillos con pinza	460 95
	1 Lámpara óptica de halógeno, 12 V, 20 W	459 031
	1 Lente A.	459 60
	1 Lente B.	459 62
	1 Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33
	1 Juego de 12 transparencias, ilusiones ópticas	461 68
	1 Mesa óptica	459 15
	se requiere adicionalmente	
	1 Transformador 6 V/12 V, 5 Aej.	562 73
	1 Par de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45
	1 Hoja de papel blanco, A5	

Montaje:

1. Coloque todos los componentes en el banco óptico como se muestra en la Fig. 1.
2. Doblar 1 cm el lado más corto del papel y cuélguelo de la mesa óptica para formar una pantalla.
3. Desplace 30 cm la mesa óptica a lo largo del eje del banco óptico hasta la posición 80 cm.

Nota:

Oscurezca algo la habitación para realizar el experimento.

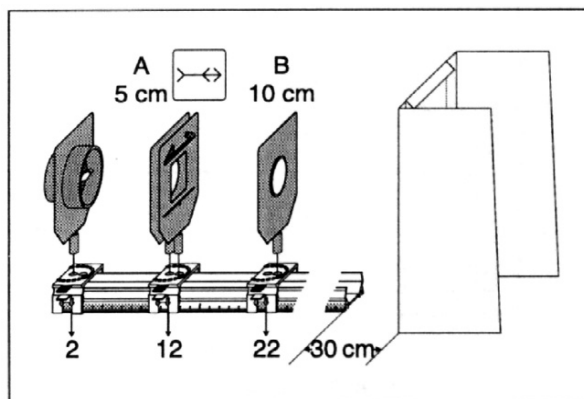


Fig. 1

Realización del experimento:

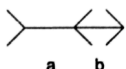
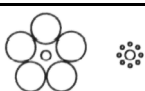
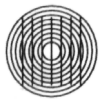
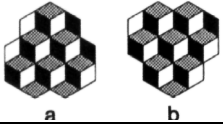
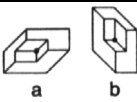
4. Conecte la lámpara al transformador (12 V).
5. Enfoque en la pantalla el objeto reproducible (mesa óptica).
6. El aparato proyector está listo para ser usado, de acuerdo al experimento 48.
7. Proyecte las diapositivas que se indican en la tabla. Anote lo observado. Luego verifique sus observaciones como se describe y apunte sus conclusiones en ► 9.
8. Cuando necesite utilizar dos diapositivas al mismo tiempo, introduzca cada una en cada lado del soporte para diafragmas y diapositivas.

Nota: También puede ver las diapositivas (transparencias) directamente para las ilusiones ópticas. Ahora bien, si varios grupos trabajan juntos, la proyección resultará ser más conveniente.

Notas para el profesor 2

Observaciones y mediciones, evaluación

9. Tabla

Diapositiva	Imagen	Pregunta	Observación subjetiva
1		¿Qué segmento es mayor?	<i>El segmento a parece de mayor longitud que el b.</i>
2		¿Cuál de las líneas punteadas es más larga?	<i>La línea punteada vertical parece tener mayor longitud que la horizontal.</i>
3		¿Es mayor la altura del sombrero que el ancho del ala?	<i>La altura del sombrero parece mayor que el ancho del ala.</i>
4		¿Cuál de los círculos es más grande?	<i>El círculo interior de la derecha aparenta ser mayor que el de la izquierda.</i>
5+7		¿Son rectas las líneas verticales?	<i>Las líneas verticales parecen doblarse hacia el centro de los círculos.</i>
5+8		¿Son paralelas las líneas verticales?	<i>Las líneas verticales parecen unirse en la parte superior y separarse en la parte inferior.</i>
6+7		¿Son rectos los lados del cuadrado?	<i>Los lados de los cuadrados parecen curvarse hacia el centro de los círculos.</i>
9		¿Cuántos cubos puede ver (a)?	<i>Podemos ver seis cubos.</i>
10		¿Que puede ver (a)?	<i>Vemos una "caja de zapatos" en el punto vértice de los tres lados.</i>
11+12		¿Cuál de las personas es más alta?	<i>La persona C parece más alta que la persona A.</i>



Óptica
Óptica Geométrica

5.2.9.6

Notas para el profesor 2

Para verificar sus observaciones	Resultado	Explicación
Mida el segmento a y el segmento b	<i>Los dos segmentos tienen la misma longitud</i>	<i>Ilusión óptica a causa de la longitud y dirección de los trazos que forman las flechas.</i>
Mida las líneas punteadas.	<i>Las líneas tienen igual longitud</i>	<i>Ilusiones ópticas de tamaño.</i>
Mida la altura del sombrero y el ancho del ala.	<i>Son iguales</i>	<i>El ojo sobreestima la longitud vertical.</i>
Mida los diámetros de los círculos interiores.	<i>Los diámetros son iguales</i>	<i>Ilusión por contraste. Objetos de igual tamaño rodeados por objetos grandes y pequeños.</i>
Retire la diapositiva 7.	<i>Las líneas verticales son paralelas</i>	<i>Ilusión angular.</i>
Retire la diapositiva 8. ¿Que puede observar? Ahora gire la diapositiva 180° y regrésela al soporte.	<i>Las líneas son paralelas, luego parecen separarse en la parte superior y unirse en la parte inferior.</i>	<i>La “perturbación en esqueleto de pescado” origina una ilusión angular.</i>
Retire la diapositiva 7.	<i>Los lados de los cuadrados son absolutamente rectos.</i>	<i>Ilusión por proximidad.</i>
Gire la diapositiva 180° (b).	<i>Ahora podemos contar siete cubos.</i>	<i>Inversión: de una imagen, por ej. inversión arbitraria de fondo y frente.</i>
Gire la diapositiva 90°.	<i>Parece que se ha quitado un pequeño bloque del bloque grande.</i>	<i>Inversión.</i>
Mida la altura de las personas en la pantalla.	<i>Todas tienen la misma altura</i>	<i>Ilusión por perspectiva.</i>



Óptica Óptica Geométrica

Listado de equipos

Juego	Bloque	Cant. Máx.	Descripción	Nº De Cat.	Experimento																									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
BOP	sep.		Rail metálico de precisión	460 82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	B1		Jinetillos con pinza	460 95	2	2	3	2	4	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2
			Cinta métrica	311 78					1												1	1	1							
			Mesa óptica	459 15	1	1		1		1					1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
	B2		Lamp. ópt. de halógeno, 12 V/20 W	459 031	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			Soporte para diafragmas y diapositivas	459 33	1		1	1		1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			Juego de 2 diafragmas de ranura	461 62	1					1					1	1		1	1	1				1	1	1	1	1	1	1
	B3		Lente A, f = 50 mm	459 60																										
			Lente B, f = 100 mm	459 62						1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			Lente H, f = 300 mm	459 64																										
	B4		Varilla de extensión	30900441																										
			Candelero	459 31	1	1	1		2																					
OPT 1	B1		Modelo de espejos combinados	459 41											1	1		1	1	1										
			Cuerpo trapezoidal	459 44																						1	1			
			Cuerpo semicircular	459 45																				1	1	1			1	
			Prisma rectangular	459 46																									1	
			Lente planoconvexa	459 48																										
			Lente planocóncava	459 50																										
			Celda rectangular	459 51																								1		
			Celda semicircular	459 52																								1		
	B2		Espejo plano	459 38													1													
			Juego de 4 diafragmas	461 63			1	1													1	1	1							
			Juego de 4 diafragmas de agujero	461 64																										
			Juego de 2 diapositivas	461 66																										
			Juego de 12 diapositivas de ilusiones ópticas	461 68																										
	B3		Pantalla transparente con mango	459 24			1										1				1	1	1							
			Lente E, f = -100 mm	459 68																										
			Espejo convexo-cóncavo	459 71																	1	1	1							
	B4		Portaplacas con mango	459 30		1			1								1													
			Modelo Tierra-Luna	459 39							1	1	1	1																
Se requiere adicionalmente:																														
			Juego de cables, 50 cm, rojo, azul	501 45	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			Transformador 6 V/12 V, 5A	562 73	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			Velas		1	2	1		2																					

199

