

## Biprisma de Fresnel

### GENERACIÓN DE LA INTERFERENCIA DE DOS RAYOS CON UN BIPRISMA DE FRESNEL.

- Utilización de un biprisma de Fresnel para la generación de dos fuentes de luz virtuales y coherentes, a partir de una fuente de luz puntiforme.
- Observación de la interferencia de dos rayos de las dos fuentes virtuales.
- Determinación de la longitud de onda de la luz de un Láser de He-Ne a partir de la distancia entre las bandas de interferencia.

UE4030300

10/15 MEC/UD



Fig. 1: Disposición de medición.

### FUNDAMENTOS GENERALES

En uno de sus experimentos de interferencia *August Jean Fresnel* (\*1788 - †1827) utilizó un biprisma para generar la interferencia de dos rayos. Él descompuso un haz de luz divergente en dos haces parciales, por medio de refracción en un biprisma, que aparentemente venían de dos fuentes de luz coherentes y por lo tanto interferían entre sí. Sobre una pantalla de observación pudo observar una serie de máximos de intensidad con distancia constante.

Que se genere un máximo de intensidad depende de la diferencia de caminos  $\Delta$  entre los caminos de los haces parciales. Para distancias grandes  $L$  de la fuente luminosa hasta la pantalla de observación se tiene con buena aproximación

$$(1) \quad \Delta = A \cdot \frac{x}{L}.$$

En este caso  $x$  es la coordenada del punto observado en la pantalla de observación perpendicular la eje de simetría y  $A$  la distancia entre las dos fuentes de luz virtuales, todavía por determinar. Aparecen máximos de intensidad exactamente cuando la diferencia de caminos es un múltiplo entero de la longitud de onda  $\lambda$ :

$$(2) \quad \Delta_n = n \cdot \lambda, \text{ con } n = 0, 1, 2, \dots$$

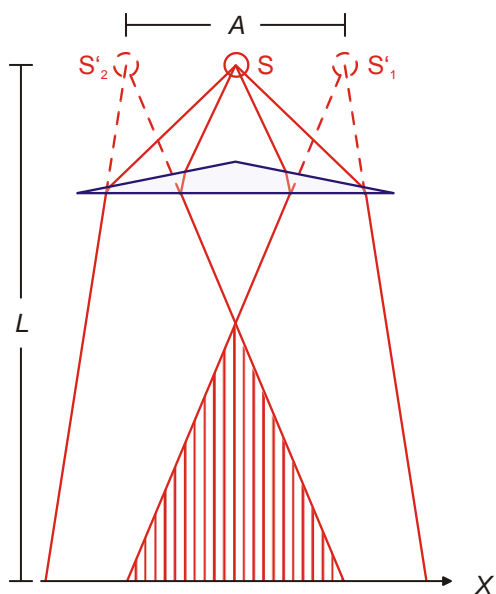


Fig. 2: Representación esquemática del paso de los rayos por el biprisma.

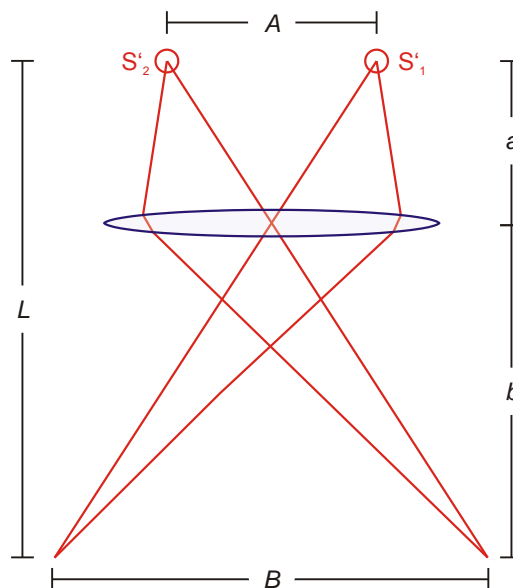


Fig. 3 Paso de los rayos para la proyección de las dos fuentes de luz virtuales sobre la pantalla.

Una comparación entre (1) y (2) muestra que los máximos de intensidad se encuentran en las coordenadas

$$(3) \quad x_n = n \cdot D$$

y que muestran entre sí la distancia constante  $D$ . Además se establece la relación

$$(4) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L}$$

La ecuación (4) se puede considerar como la ecuación de determinación de la longitud de onda  $\lambda$  de la luz aplicada. En caso de una interferencia de dos rayos se entiende ésta como una ecuación fundamental.

Sin embargo, todavía está abierto cómo se podrá medir la distancia  $A$  entre las fuentes de luz virtuales. En este caso ayuda un montaje óptico sencillo, en el cual las dos fuentes de luz virtuales se pueden proyectar sobre la pantalla de observación, utilizando una lente convergente y midiendo la distancia  $B$  entre las imágenes de las fuentes de luz sobre la pantalla de observación (ver Fig. 3). Se establece:

$$(5) \quad A = B \cdot \frac{a}{b}$$

$a$ : Distancia del objeto,  $b$ : Distancia de la imagen.

### LISTA DE APARATOS

1	Biprisma de Fresnel	U14053	1008652
1	Soporte para prisma sobre mango	U17020	1003019
1	Láser de He- Ne	U21840	1003165
1	Objetivo acromático 10x / 0,25	W30614	1005408
1	Lente convexa $f = 200$ mm	U17104	1003025
3	Jinetillo óptico D, 90/50	U103111	1002635
1	Banco óptico D, 50 cm	U10302	1002630
1	Pantalla de proyección	U17130	1000608
1	Base con orificio central, 1000 g	U13265	1002834
1	Cinta métrica de bolsillo, 2 m	U10073	1002603

### Se requiere adicionalmente:

- 1 Folio de papel de milimetro aprox. 20 x 30 cm<sup>2</sup>
- 1 Lápiz

### ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

El Láser de He-Ne, U21840 (1003165) emite una radiación visible de una longitud de onda de 630-680 nm con una potencia de salida menor que un 1 mW y por ello corresponde a las determinaciones de Clase 2 de la DIN EN 60825-1 "Seguridad en las Instalaciones de Láseres" Es decir, la protección del ojo humano se logra por medio de reacciones de rechazo inclusive el reflejo de cierre de los párpados.

- No se debe mirar ni directamente ni en las reflexiones de un rayo Láser.
- Dejar funcionar el Láser sólo por personas autorizadas y experimentadas.
- Todas las personas que participan en u observan el experimento deben estar informadas sobre los peligros de los rayos Láser y de las medidas de protección necesarias. .
- Realizar los experimentos con la mínima potencia de radiación necesaria.
- Orientar la trayectoria del rayo de tal forma que no esté a la altura de los ojos.
- Limitar la zona del Láser a la dimensión necesaria por medio de apantallamiento; evitar reflexiones involuntarias.
- Señalizar los espacios de trabajo con Láser por medio de aviso preventivos.
- En Alemania se toman en consideración las prescripciones para evitar accidentes BGV B2 y en su caso los reglamentos de los ministerios de cultura; en otros países los correspondientes reglamentos vigentes

- Se guardan las llaves con sumo cuidado y se protegen contra el acceso de personas no autorizadas.

Si se utiliza según su uso específico se garantiza el trabajo seguro con el Láser de He-Ne. La seguridad no se garantiza cuando el Láser de He-Ne no se usa o maneja apropiadamente. Cuando es de considerar que no es posible un trabajo sin peligro, se debe poner inmediatamente fuera de servicio (p.ej, si se observan daños visibles)..

- Antes de la puesta en servicio se observa si la carcasa tiene algún deterioro. En caso de funcionamiento fallido o de daños visibles se debe poner el Láser de He-Ne fuera de funcionamiento y asegurarlo contra funcionamiento involuntario.
- La carcasa no se debe abrir en ningún momento debido a las tensiones peligrosas de trabajo y encendido en su interior.

**MONTAJE**

- El montaje se realiza de acuerdo con la Fig. 4, primero sin la lente convergente de  $f = 200$  mm.
- La pantalla se erige en una distancia  $> 4$  m detrás del banco óptico z el papel milimetrado se fija sobre la pantalla.
- Para ensanchar el rayo del láser se atornilla el objetivo acromático en la apertura de salida del rayo del láser.
- El biprismo se coloca en el centro de la mesa de prismas y se fija con un soporte para prismas sobre mango.

**Observación:**

- El biprismo se maneja con cuidado, porque es de vidrio muy frágil.
- El láser se ajusta de tal forma que el rayo del láser incida en el centro del biprismo y así se puedan observar las bandas de interferencia en la pantalla.

- Si es necesario se hace un ajuste fino de la posición del láser por medio de una rotación leve hacia la izquierda o hacia la derecha, de tal forma que el patrón de interferencia resp. el máximo central de intensidad aparezca simétrico sobre la pantalla.

**REALIZACIÓN**

**Observación de la interferencia**

- Desplazando la mesa de prismas a lo largo del eje óptico la distancia objeto se hace menor y luego se hace más grande, observando al tiempo la posición de las bandas de interferencia en la pantalla.
- Se elige la distancia objeto así que cada vez se puedan observar bien por lo menos cinco bandas interferencia a la izquierda y la derecha del máximo central de intensidad. La posición de la mesa de prisma no se vuelve a cambiar.

**Distancias entre los mínimos de intensidad**

**Observación:**

Debido al contraste entre claro y oscuro es más fácil determinar la distancia entre los mínimos de intensidad que entre los máximos de intensidad.

- Con un lápiz cada vez se marcan en el papel milimetrado las posiciones  $x_{n+1/2}$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) de la mínima intensidad de luz del patrón de interferencia, hasta el orden 5 (Fig. 5).
- Se miden cada vez las distancias  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  de dos mínimos de intensidad.
- La distancia  $D$  se obtiene realizando el valor medio aritmético de las distancias  $D_n$ .

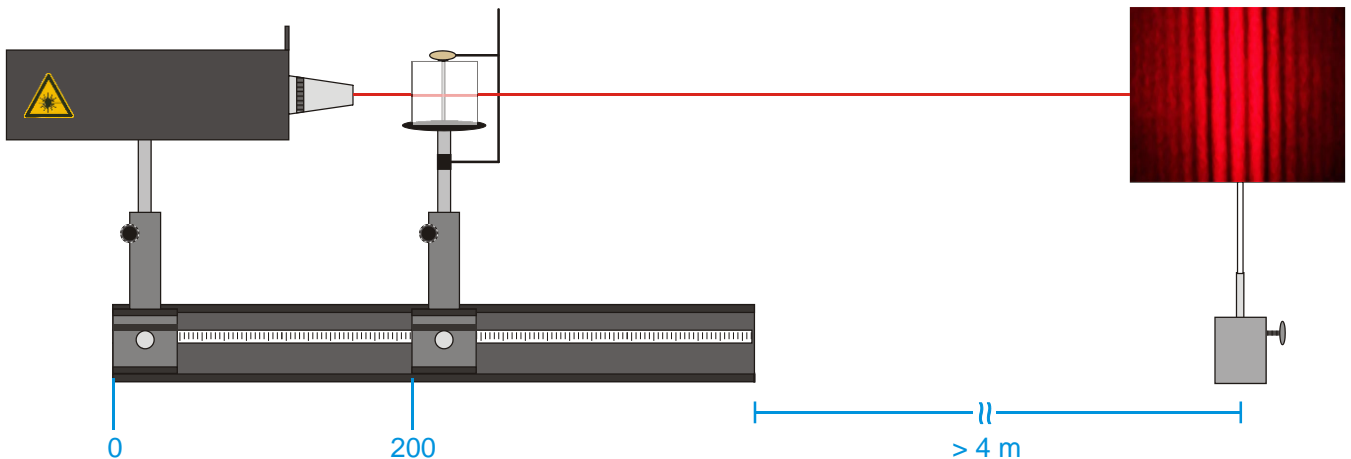


Fig. 4: Esquema de la disposición de medición.

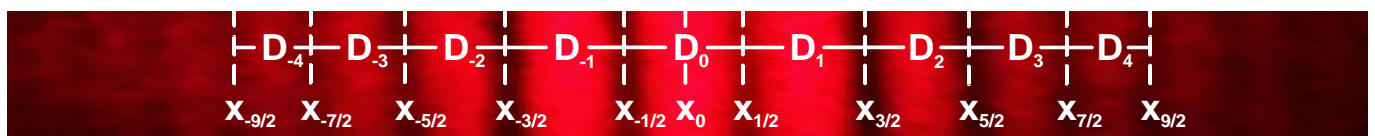


Fig. 5: Lugares  $x_{n+1/2}$  de intensidad mínima de la luz en el patrón de interferencia y las distancias  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$ , en cada caso, de dos mínimos de intensidad vecinos.

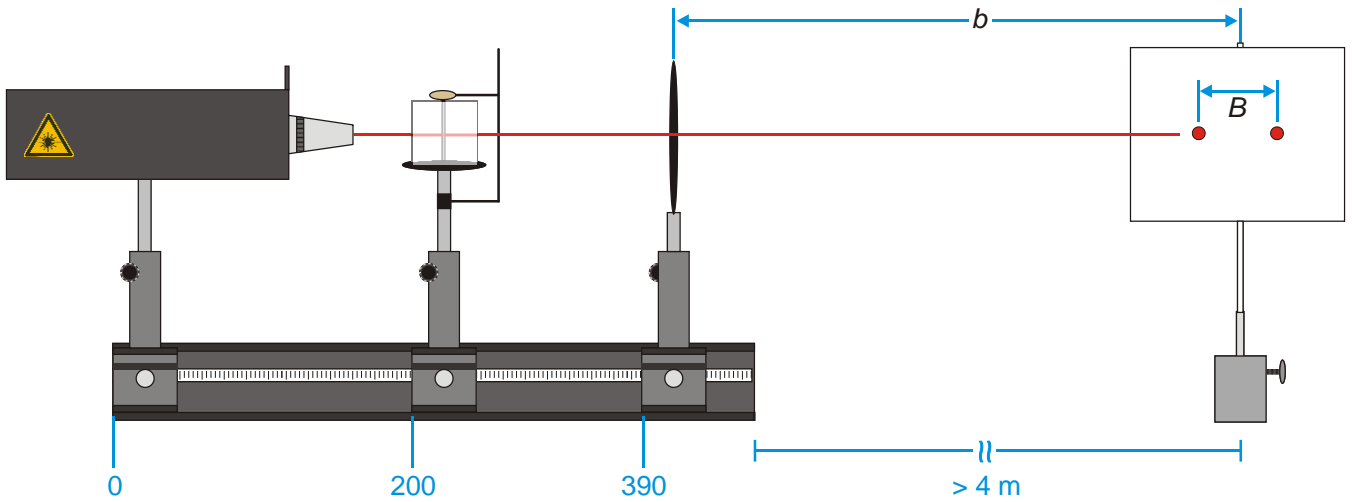


Fig. 6: Montaje con lente convergente para la determinación de la distancia *A* entre las dos fuentes de luz virtuales a partir de la distancia *B* entre las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales y de la distancia a la lente de las imágenes *b*. (ver Fig. 3).

**Distancia de las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales**

- La lente convergente de  $f = 200$  mm se coloca en la marca 390 mm del banco óptico (ver Fig. 6).
- La lente se desplaza hasta que se observen en la pantalla dos puntos claros níticos.

**Observación:**

Los puntos de luz claros son las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales. Para una observación mejor, si es necesario, se atenúa la potencia de la radiación del láser.

- Las posiciones de las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales se marcan con un lápiz en la pantalla.
- Se mide la distancia *B* entre las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales y la distancia *b* de las imágenes hasta la lente.

**EJEMPLO DE MEDICIÓN**

Valor promedio <i>D</i> de los mínimos de intensidad:	8,1 mm
Distancia <i>B</i> de las imágenes de las dos fuentes de luz virtuales:	7,7 mm
Distancia de imagen <i>b</i> :	4480 mm
Distancia focal <i>f</i> de la lente convergente:	200 mm

**EVALUACIÓN**

El patrón de interferencia en la pantalla se compone de bandas de interferencia verticales equidistantes. La distancia relativa *D* de las bandas de interferencia entre sí se hace menor cuando la distancia entre el láser y el biprismo se hace más grande porque en esta forma la distancia *A* entre las fuentes de luz virtuales se hace mayor.

La posición del láser (la fuente de luz) y por lo tanto la distancia objeto *a* no se conocen exactamente, se deben determinar por medio de las leyes de las lentes. Ésta se debe determinar por medio de la distancia focal *f* de la lente convergente y de la distancia de imagen *b*, se determina:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

$$(6) \quad a = \frac{f \cdot b}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 4480 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 209 \text{ mm}$$

Introduciendo *a* de la ecuación (6) en la ecuación (5) se obtiene:

$$(7) \quad A = a \cdot \frac{B}{b} = \frac{f \cdot B}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 0,36 \text{ mm}.$$

La distancia entre la fuente de luz y el plano de observación *L* se obtiene a partir de *a* y *b*, en la forma:

$$(8) \quad L = a + b = 209 \text{ mm} + 4480 \text{ mm} = 4689 \text{ mm}.$$

Para la longitud de onda  $\lambda$  se obtiene al final, de la ecuación (4):

$$(9) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L} = 0,36 \text{ mm} \cdot \frac{8,1 \text{ mm}}{4689 \text{ mm}} = 622 \text{ nm}$$

El valor para la longitud de onda determinado con la medición está de acuerdo, en un 2% aprox. con el valor bibliográfico de  $\lambda = 632,8$  nm para el láser de He-Ne.