

Laboratorio de Física II (ByG)  
2do cuat. 2016

**Guía 5:** Fenómeno de Interferencia. Microscopía de contraste de Fases.

Objetivos

Estudiar el fenómeno de interferencia utilizando como interferómetro un biprisma de Fresnel. Determinar la longitud de onda más intensa emitida por una lámpara de sodio mediante un método interferométrico.

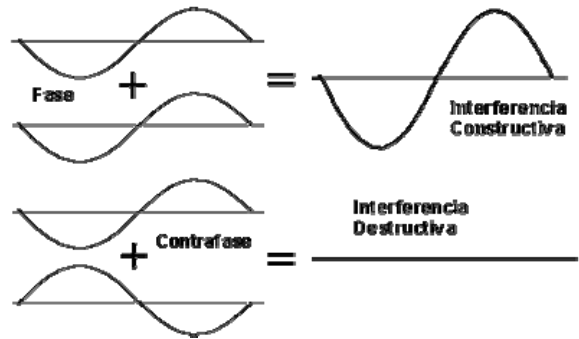
Introducción

Una característica muy importante del movimiento ondulatorio es el fenómeno de interferencia, que ocurre cuando dos o más ondas coinciden en el espacio y en el tiempo. Al coincidir en un mismo punto, las vibraciones se superponen y el estado de vibración resultante del punto es la suma de los producidos por cada onda.

Dependiendo fundamentalmente de las longitudes de onda, amplitudes y de la distancia relativa entre las mismas se distinguen dos tipos de interferencias:

**Constructiva:** se produce cuando se superponen ondas en fase, obteniendo una onda resultante de mayor amplitud que las ondas iniciales.

**Destructiva:** es la superposición de ondas en contrafase, obteniendo una onda resultante de menor amplitud que las ondas iniciales.



**Figura 1:** Esquema de interferencia constructiva y destructiva. fuente: [www.todo-fotografia.com](http://www.todo-fotografia.com)

**El Biprisma de Fresnel**

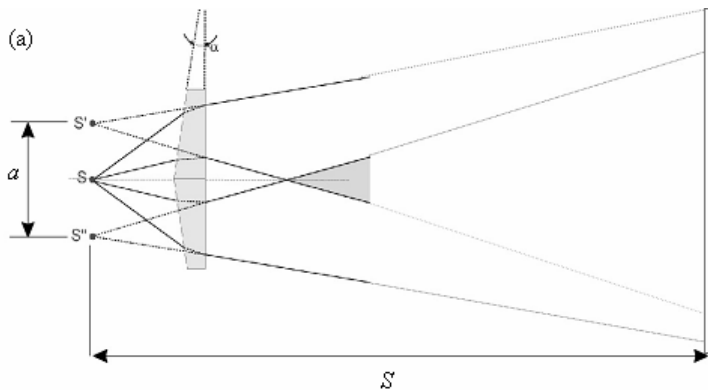
El biprisma de Fresnel es un interferómetro de división de frente de onda similar al experimento de la doble rendija de Young. Éste consta de dos prismas delgados que sirven para generar dos imágenes coherentes de una fuente (rendija iluminada) de modo tal que la luz proveniente de ambas da lugar a interferencias en la zona situada a continuación del biprisma. Estas franjas son reales **no** localizadas, es decir que pueden verse en una pantalla en toda una región que se extiende más allá del biprisma. Se puede demostrar que el plano donde se encuentran ubicadas las fuentes virtuales generadas por el biprisma es el mismo plano en el cual está ubicada la rendija.

En cada punto del espacio donde la diferencia de camino óptico, de las ondas provenientes de cada fuente, sea igual a un número entero de longitudes de onda habrá interferencia constructiva y se verá una franja brillante.

Se puede calcular que la separación entre franjas viene dada por:

$$\Delta y = \frac{S \cdot \lambda}{a} \quad (1)$$

donde  $\Delta y$  es la distancia entre dos máximos brillantes consecutivos (interfranja),  $S$  es la distancia entre el plano de las fuentes virtuales y el plano donde se observa la interfranja, y  $a$  es la distancia entre las dos fuentes virtuales (Figura 2) [1].



**Figura 2.** Esquema del Biprisma de Fresnel: (a) La fuente de luz se encuentra en  $s$  y sus imágenes virtuales en  $s'$  y  $s''$  separadas por una distancia  $a$ . Las franjas de interferencia se observan a una distancia  $S$  de las fuentes.

Para pensar:

Empleando el biprisma de Fresnel: ¿Cómo determinaría la longitud de onda más intensa emitida por la lámpara de sodio? ¿Qué parámetro/os podría variar para realizar más de una determinación de la longitud de onda?

## Actividades

Para la realización de este experimento dispondremos de un biprisma de Fresnel y como fuente emplearemos luz de la lámpara de sodio que pasa por una rendija de ancho variable (cuya orientación también se puede variar). Estos elementos pueden ubicarse en un banco óptico mediante diferentes posicionadores. En particular, contamos con un posicionador que tiene un brazo con desplazamiento lateral (unidad de traslación). También disponemos de un microscopio de banco el cual cuenta con un retículo que puede desplazarse mediante una perilla graduada (micrómetro) a fin de medir los objetos en su campo visual.

**Para esta práctica es fundamental tener todos los elementos bien alineados.** Piense cómo dispondría los diferentes elementos y qué elemento es conveniente colocar en la unidad de traslación.

Nota: La lámpara de sodio necesita un tiempo para entrar en régimen por lo que conviene prenderla varios minutos antes, si no está del todo amarilla no sirve ya que no se están viendo las longitudes de onda adecuadas.

## 1) Alineación y observación de las fuentes coherentes, determinación de su separación

ANTES de observar la figura de interferencia, hay que asegurarse que el interferómetro genere dos fuentes coherentes! Usando el microscopio de banco, observe las fuentes virtuales generadas por el biprisma. Para ello convendrá que tenga en cuenta las siguientes preguntas:

- ¿Dónde se encuentran las dos fuentes coherentes que interfieren en el Biprisma de Fresnel?
- ¿Puede observar dos fuentes virtuales?
- ¿Qué problema de alineación ocurriría si únicamente puede observar una sola fuente y cómo lo solucionaría?

Recomendaciones: Al observar las fuentes virtuales es conveniente asegurarse que sean de igual intensidad y forma. Una forma de hacer esto es desenfocar ligeramente y asegurarse de que ambas fuentes virtuales siguen siendo similares.

- ¿Por qué es preferible que las fuentes virtuales tengan intensidades similares?

Usando el microscopio de banco, determine la separación de las fuentes virtuales

- Para medir la distancia entre las fuentes tenga en cuenta que deberá calibrar la escala en la que está graduado el micrómetro!
- ¿Cuál es la distancia de trabajo (o de enfoque) del microscopio de banco?
- ¿De qué depende la separación de las fuentes?

## 2) Observación de la figura de interferencia y determinación de la interfranja

Una vez que se aseguraron de tener dos fuentes coherentes, observe la figura de interferencia!

- ¿En qué región del espacio se puede observar el fenómeno de interferencia empleando el biprisma?
- ¿Es capaz de observarlo a simple vista?
- Describa la figura de interferencia que observa y diga cómo varía en función del plano de observación de la misma.

Determine el valor de la interfranja para diferentes distancias fuentes-plano de observación ( $S$ ), grafique la dependencia de la interfranja ( $\Delta y$ ) en función de la distancia  $S$  y obtenga el valor de la longitud de onda de la luz de la lámpara de sodio.

Para medir la interfranja, le sugerimos emplear alguna de estas opciones:

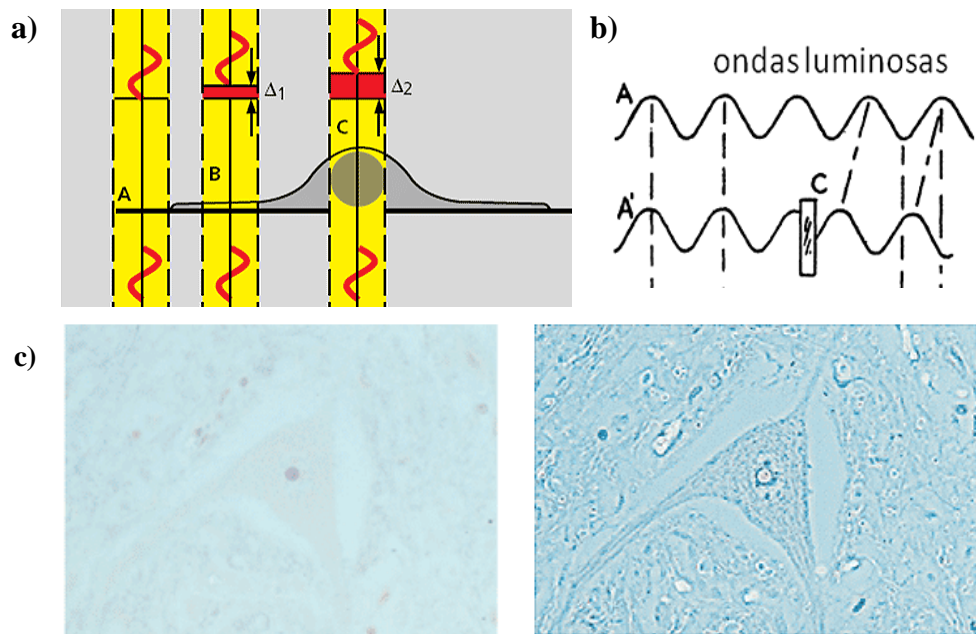
- Puede usar el microscopio de banco. **IMPORTANTE**, cuidado al determinar la distancia  $S$ !! pongan especial cuidado en determinar el plano de observación de las interfranjas, teniendo en cuenta la distancia de enfoque del microscopio de banco!!
- Puede usar una cámara web para proyectar la figura de interferencia directamente sobre el sensor de la cámara (para ello hay que desenroscar la lente de la cámara web). Adquirir la imagen con el software **AVACAM**, y luego procesar las imágenes con el software **FIJI** o ImageJ. **IMPORTANTE**: hay que considerar el tamaño del píxel, para poder determinar el tamaño de la interfranja a partir de la imagen. **Consulten sobre este punto!!**

## Uno de los usos del fenómeno de Interferencia en la Microscopía Óptica

### Microscopio de contraste de fase

Las investigaciones de Frits Zernike al inicio de la década de 1930 revelaron que en microscopía, al crear interferencias en la luz empleada para iluminar el espécimen se creaban condiciones que producían un incremento del contraste. Este descubrimiento le valió el premio Nóbel en física en el año 1953 y revolucionó la investigación en biomedicina al permitir el estudio de células vivas. Con esta técnica de iluminación se aumenta el contraste de manera notoria entre las partes claras y oscuras de las células transparentes.

Los componentes celulares absorben la luz de diferente manera y causan pequeñas variaciones de fase en las radiaciones luminosas, es decir, las retrasan ligeramente al disminuir la velocidad a la cual viajan y el retraso varía según el tipo de estructura. En las células y tejidos no coloreados, el escaso contraste se mejora y acentúa al transformar las diferencias de fase (invisibles al ojo humano) en diferencias de intensidad luminosa las cuales sí son detectables. Este tipo de microscopio también se denomina de Fases o Contraste de Fases [2].



**Figura 3 a)** Esquema de una célula sin teñir que muestra los efectos causados a la luz por atravesar diferentes regiones de la muestra que corresponden a: la zona del núcleo C, el citoplasma a la zona delgada periférica B y el portaobjeto o solución acuosa circundante A. Existen diferentes índices de refracción entre A, B y C los cuales son invisibles al ojo humano. Las ondas que atraviesan una zona más espesa se retrasan y cambian de fase en relación a las ondas que atraviesan una región más delgada. El contraste de fases hace visible esas diferencias al traducirlas en cambios de intensidad (brillo). Fuente: [3]. **b)** Esquema que representa parte del principio de la iluminación en contraste de fases. A representa una onda de luz. En A' al atravesar el objeto transparente C, la onda se retrasa con respecto a la onda A (que no ha pasado por el objeto). En consecuencia, la onda A' está desfasada con respecto a la onda A. El ojo humano y las placas fotográficas no son sensibles a estas diferencias de fase. Fuente: [4]. **c)** Micrografías

de una neurona en campo claro (izquierda) con detalles casi invisibles y con iluminación de contraste de fases en el que los detalles son más evidentes. Fuente: [3].

En la Figura 3 se muestra la representación esquemática en donde dos regiones de una misma célula, B y C, de un diferente grosor y con diferentes índices de refracción, son atravesadas por luz. Las variaciones en grosor e índices de refracción son capaces de producir una diferencia en el curso óptico de la luz transmitida por las dos regiones generando una diferencia de fase. Este método permite visualizar detalles muy finos en la estructura de especímenes translúcidos, los cuales pasarían desapercibidos con una iluminación de campo claro, ver Figura 3 c.

En este tipo de microscopía se ilumina la muestra con un cono hueco de luz estrecho y se emplea un filtro en forma de anillo que disminuye la intensidad de la luz y al mismo tiempo provoca un retraso o desfase en la longitud de onda de la luz. Para adaptar un microscopio convencional en uno de contraste de fases se sustituye el condensador y el objetivo por los de contraste de fases, los cuales contienen un filtro en anillo y una placa de fases respectivamente. En general, los objetivos de contraste de fases indican el tamaño del anillo de fases y se identifican con los nombres: Ph1, Ph2, Ph3 o PhC, PhL, PhP.

## Apéndice

### Microscopio de banco

El microscopio de banco tiene un ocular con una escala graduada ubicada en el plano en que se forma la imagen del objeto observado por el objetivo. El ojo ve superpuesta la imagen con la escala. Además de esta escala hay un retículo que puede desplazarse por medio de un tornillo micrométrico adosado al costado del microscopio, en cuya cabeza hay un tambor dividido en cien partes. Para determinar la escala en la que está graduado el micrómetro use algún objeto de longitud conocida y determine a qué distancia equivale una unidad del micrómetro.

Debe tenerse en cuenta que cuando se gira el tornillo en una dada dirección, el retículo se desplaza hacia un lado. Al invertir el sentido de giro, el retículo tarda en moverse hacia el otro lado. Este “paso muerto” ocasionará un error en las mediciones, por lo que es necesario mover el tornillo siempre en la misma dirección durante una misma medición.

## Referencias

† S. Gil y E. Rodríguez, *Física re-Creativa*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.

[1] E. Hecht, *Óptica*, Ed. Addison Wesley, 3° ed., Capítulo 9 (1998).

[2] Daniel J. Narváez Armas. La microscopía: herramienta para estudiar células y tejidos. Texto Electrónico

[3] Kapitza, H. G. (1997). *Microscopy from the very beginning*. (2ª ed.). Carl Zeiss Jena GmbH Frankfurt: Dipl.Bibl. Susanne Lichtenberg.

[4] Bennett, A., Jupnik, H., Osterberg, H., Richards, O. W. (1946). Phase Microscopy. *Trans. Amer. Microscop. Soc.*, 65 (2), 99-131.