

**CENTRO DE INVESTIGACIONES  
EN OPTICA, A. C.**

Loma del Bosque #115, Col. Lomas del Campestre,  
León, Gto.,  
México 37150  
Tel: (47) 73-10-17 Fax: (47) 17-50-00

**BIENVENIDOS AL**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN ÓPTICA, A.C.**

El presente trabajo presenta las diferentes prácticas que se realizarán durante su estancia en el CIO.

Se ha tratado de incorporar la mayor variedad posible de experimentos de las áreas de investigación tanto experimentales como teóricas que se desarrollan en nuestra institución con el fin de que ya sea personalmente o a través del reporte de sus compañeros puedan tener una idea de lo que es la óptica y su potencial.

Les recomendamos lean cuidadosamente la sección “Introducción al uso y técnicas de laboratorio” ya que en esta se especifican los cuidados que deben tener en el laboratorio y que su estancia tenga solo recuerdos agradables.

Agradeceríamos cualquier comentario sobre su estancia para mejorar su presentación en futuras ediciones.

Quiero agradecer por este medio la invaluable ayuda de los estudiantes, técnicos e investigadores participantes.

Atentamente,

Dra. Cristina Solano  
csolano@foton.cio.mx

## Indice

	<b>Pagina</b>
Introducción al uso y técnicas de laboratorio	4
Conceptos Fundamentales	6
Practicass a realizarse	
1. Fabricación y prueba de una componente óptica.	11
2. Medición de vibraciones mecánicas con un vibrómetro láser.	12
3. Manejo y preparación de una fibra óptica para acoplar luz eficientemente.	15
4. Reflexión, transmisión y absorción de luz en multicapas.	16
5. Esparcimiento de luz por superficies rugosas.	17
6. El fenómeno de difracción.	18
7. Cálculo de primeros principios de las propiedades ópticas de la materia.	21

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

**¿Qué es la luz?-** La luz es una forma de energía radiante que se propaga a través de un medio transparente, el cuál puede ser el aire, el vidrio, el agua, etc.

**Comportamiento ondulatorio de la luz.-** La luz tiene una naturaleza ondulatoria, es decir, que se comporta y se mueve siguiendo las leyes del movimiento ondulatorio. Este comportamiento es semejante al de las ondas circulares concéntricas producidas en el agua al arrojar una piedra en ella. Entre cada una de las crestas de las ondulaciones se observará una depresión (valle).

**Características de la luz.-** La luz tiene una dirección de propagación que es la dirección en que viaja. También tiene asociada un frente de onda que es una superficie imaginaria perpendicular a la dirección de propagación, y se ve como se muestra en la Fig.1.

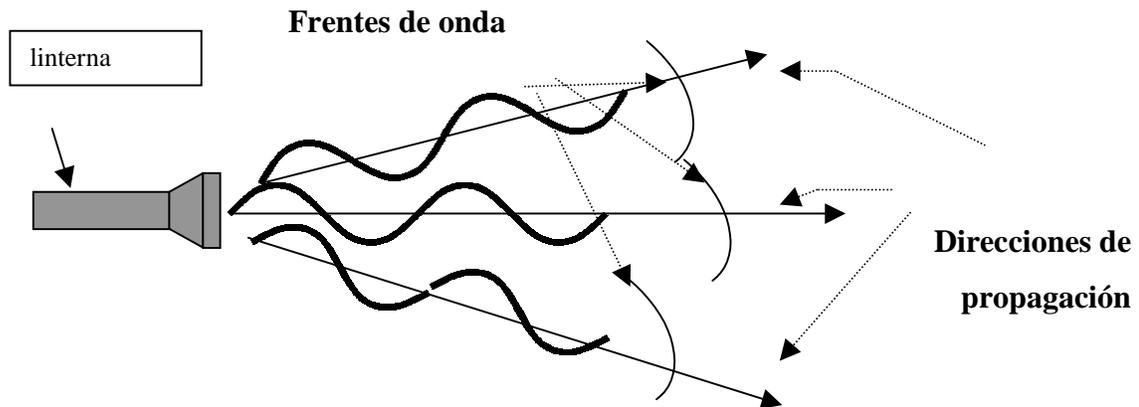


Fig. 1. Ondas asociadas a la luz emitida por una linterna (fuente de luz incandescente).

Otras cantidades relacionadas con la luz son, Fig 2:

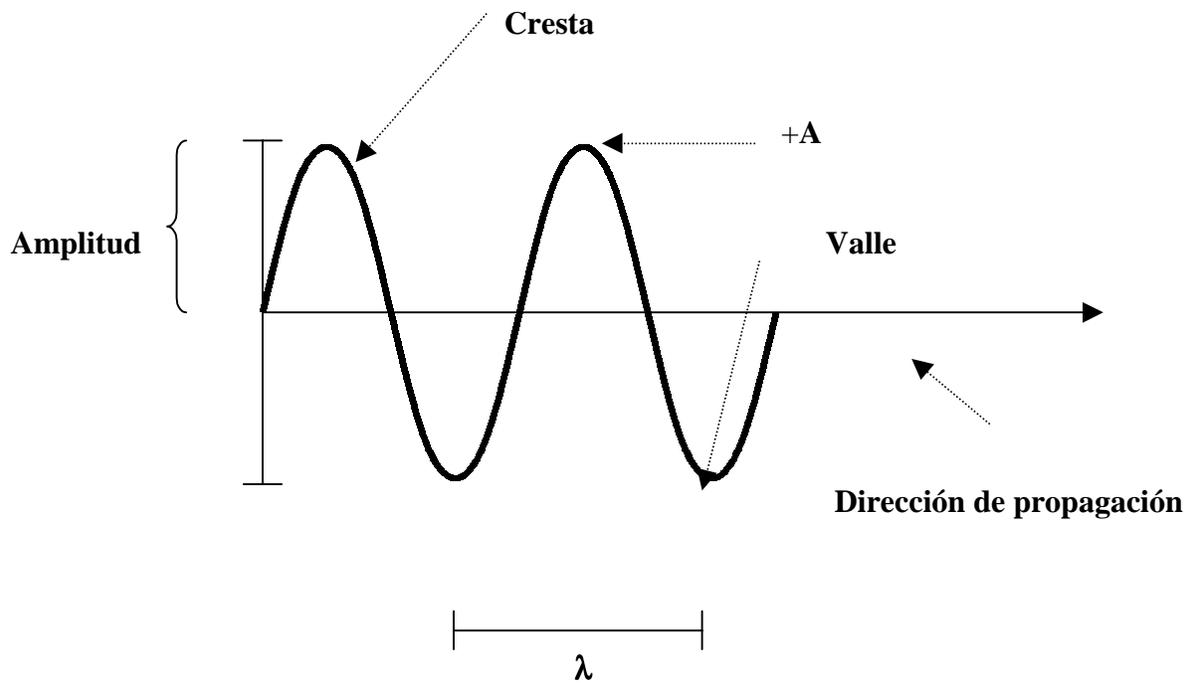


Fig 2(a) Muestra una onda y los parámetros de amplitud (A) y Longitud de onda ( $\lambda$ )

**La amplitud, A.-** Que se define como el valor máximo que tiene la onda en un punto dado y en un tiempo determinado. Haciendo uso nuevamente de la analogía de las ondas de luz con las ondas producidas en el agua; la amplitud sería la altura de la cresta o la profundidad del valle.

**Longitud de onda,  $\lambda$ .-** Que es el período espacial. En el caso de las ondas en el agua, la longitud de onda es la distancia que hay de una cresta a la siguiente, o de un valle al siguiente.

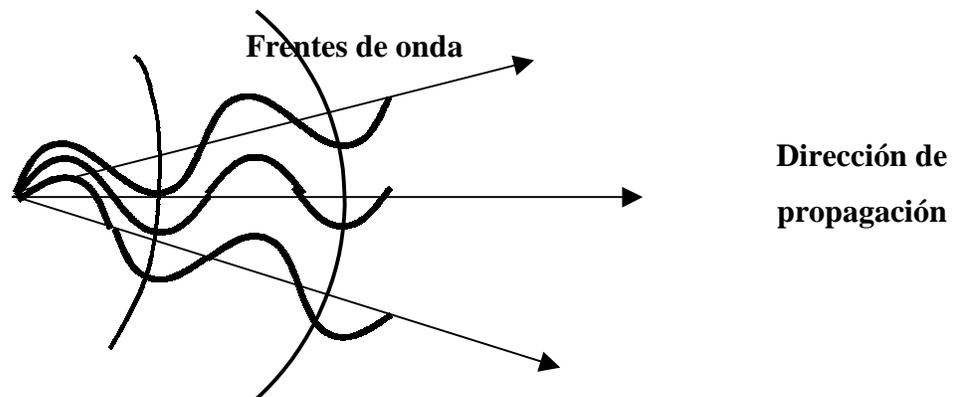
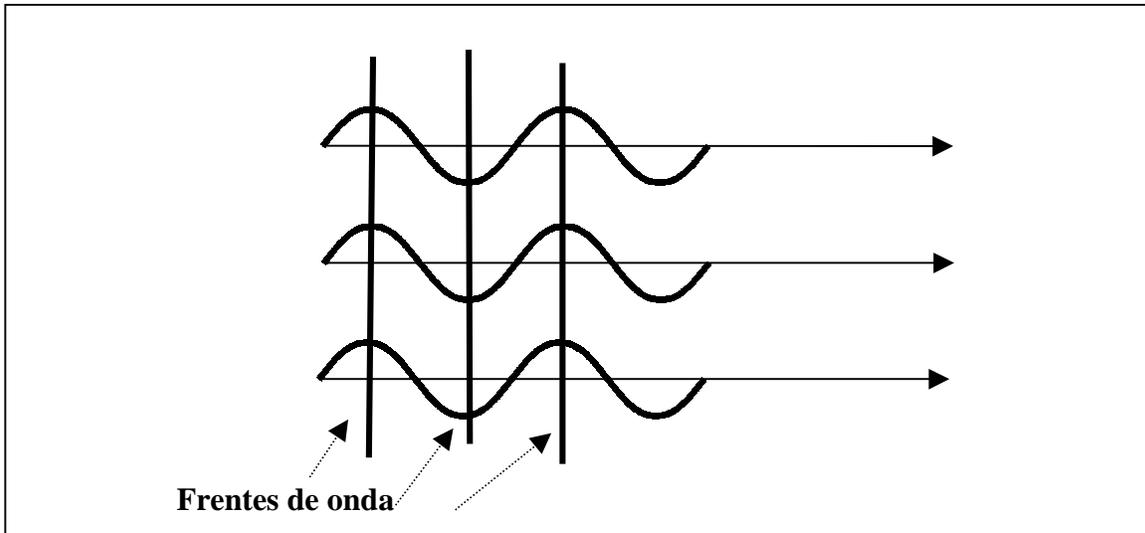


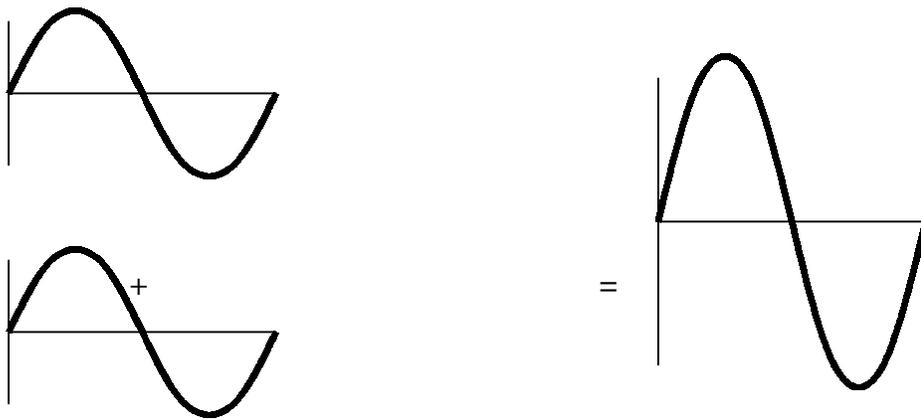
Fig. 2(b) . Frentes de onda y dirección de propagación de una onda..

**Láser.-** Un láser es una fuente de luz cuasimonocromática. El término “cuasimonocromático” se refiere a que el láser emite luz con un rango muy limitado de colores, es decir, que emite luz de unas cuantas longitudes de onda. Si esta luz se propaga en una sola dirección se dice que el frente de onda es plano.



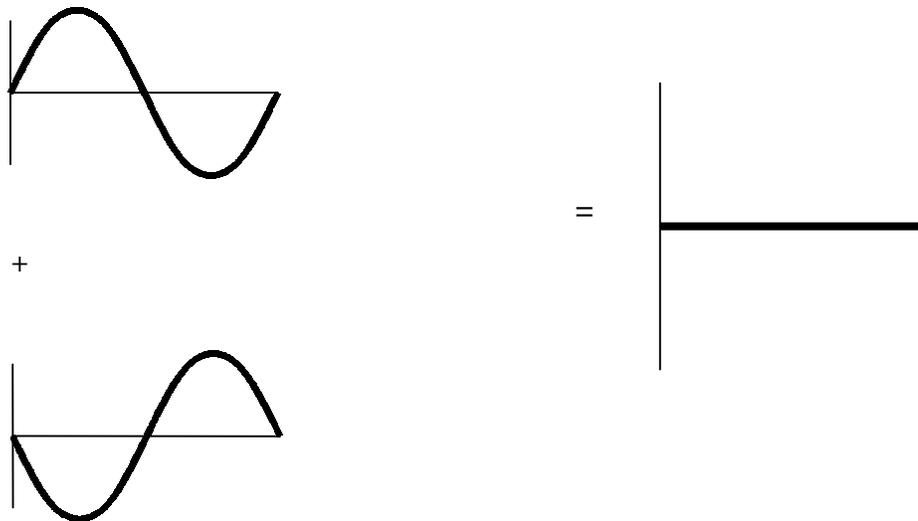
**Fig. 3. Frentes de onda planos**

**Interferencia.-** La interferencia es el fenómeno que se observa cuando se superponen dos frentes de onda luminosos, que dependen del retraso relativo entre las ondas que se superponen. La intensidad resultante será la suma o diferencia de cada una de las ondas, produciéndose un patrón de franjas oscuras y claras, conocidas como franjas de interferencia. Existen dos tipos de interferencia: constructiva y destructiva. El caso de interferencia constructiva corresponde a la suma de dos ondas y el resultado es una amplitud mayor, Fig. 4.



**Fig. 4 Interferencia constructiva.**

Quando la suma de dos ondas hace que la amplitud sea cero, se dice que la interferencia es destructiva (Fig. 5).



**Fig. 5 Interferencia destructiva.**

En un patrón de interferencia la interferencia constructiva corresponde a las franjas claras y la interferencia destructiva a las franjas oscuras.

Para observar el fenómeno de interferencia se utilizan arreglos experimentales ópticos llamados interferómetros los cuales se pueden clasificar en dos tipos: de división de frente de onda y de división de amplitud.

En el primer caso se usan porciones del frente de onda, es decir, se toma el frente de onda y se divide en partes las cuales tienen igual intensidad.

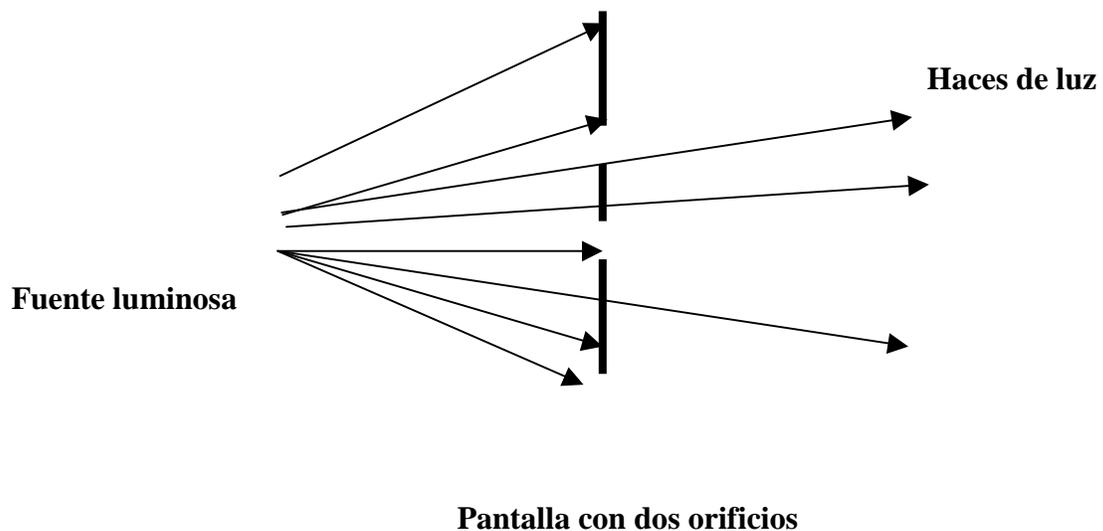


Fig.6 Interferencia por división de frente de onda.

En el segundo caso, se toma el frente de onda y se le hace incidir sobre un material que sólo deja pasar una parte de dicho frente, y la otra parte la refleja.

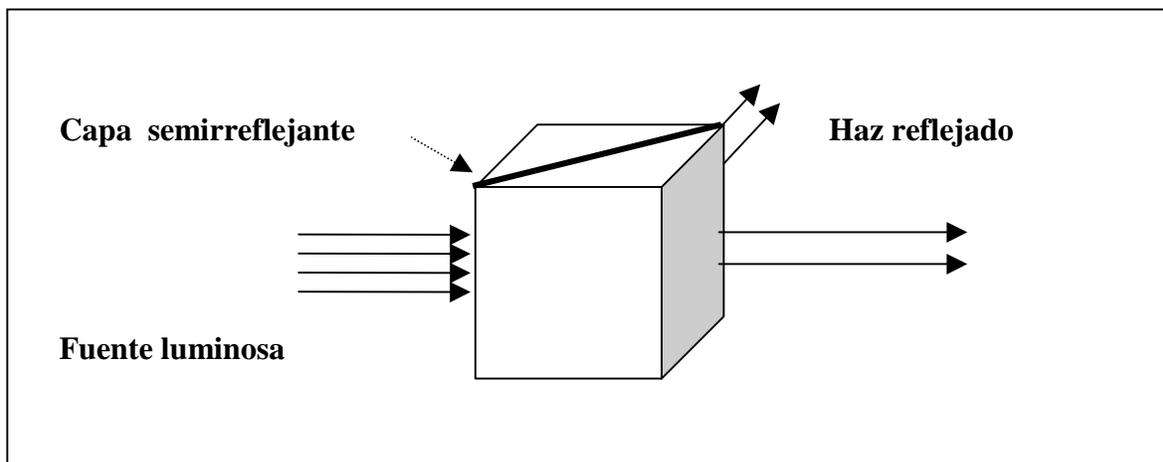


Fig. 7 interferencia por división de amplitud.

## **Introducción al uso y técnicas de laboratorio.**

Las reglas sobre seguridad y manejo de equipo se aplican a muchas situaciones cotidianas en los laboratorios. Sin embargo, será siempre el sentido común el que juegue un papel muy importante en cualquier clase de área de trabajo.

En general el uso de cualquier laboratorio representa riesgos personales si no se adoptan las medidas de seguridad necesarias en el manejo de instrumentos, equipos y sustancias utilizadas. El uso del laboratorio de óptica en particular, conlleva peligros potenciales a los asistentes a las prácticas, por lo cual es necesario tomar las medidas adecuadas en cada actividad de modo primordial. No existen reglas generales que puedan describir todas las situaciones. Sin embargo, existen recomendaciones que ayudan a minimizar estas contingencias.

Los principales riesgos en un laboratorio de óptica se encuentran en las fuentes de luz y los equipos eléctricos, los cuales si no se utilizan adecuadamente pueden producir daños inmediatos o futuros en su salud o la de sus compañeros de trabajo.

Para reducir las posibilidades de daños físicos, se deben adoptar las medidas siguientes:

- 1) No mire las fuentes de luz directamente, especialmente los láseres. Aunque sean de baja potencia como los de He-Ne utilizados en este curso. Estos pueden producir consecuencias irreversibles a su vista.
- 2) Involúcrese en su práctica y cerciórese de nunca apuntar el láser directamente hacia otras personas.
- 3) Sepa que cualquier objeto común en el laboratorio como: lentes, metales, cubiertas de equipos, reglas, etc., pueden reflejar o dispersar la luz hacia sus ojos o los de algún compañero, por lo que es muy importante estar atentos al desarrollo experimental, manteniendo cabeza y ojos fuera del alcance directo del láser.

- 4) Si un experimento requiere que usted mire algún objeto cercano al láser, tenga cuidado de que el rayo láser no se refleje a sus ojos directamente.
- 5) Si utiliza anteojos extreme sus precauciones, pues accidentalmente el haz puede reflejarse a sus ojos.
- 6) Algunos experimentos requieren que observe y califique la intensidad del haz láser. No lo mire directamente. Emplee una pantalla que no refleje el rayo intenso hacia sus ojos; e.g. utilice cartulina blanca, papel opaco, vidrio esmerilado, etc.
- 7) Cuando no utilice el equipo. Cubra la salida del láser (obturador) para bloquear el haz.
- 8) Los láseres más potentes en los laboratorios de investigación requieren de precauciones adicionales y protecciones especiales a los ojos.
- 9) Si usted siente que la luz que observa es muy intensa solicite un filtro neutro para colocarlo a la salida del láser. Cada persona tiene sensibilidades diferentes. No compare sus sensaciones con las de sus compañeros.
- 10) La radiación ultravioleta e infrarroja de algunas lámparas del laboratorio, deben tratarse especialmente. Tales fuentes no deben usarse sin filtros adecuados.
- 11) En el laboratorio se tienen equipos de alto voltaje, los cuales deben manejarse con precaución. Recuerde que se han dado casos que sólo unos cuantos miliamperes ocasionan la muerte.

**PRACTICA 1**  
**FABRICACIÓN Y PRUEBA DE UNA COMPONENTE ÓPTICA**

**M.C. Julio Cesar Sánchez**

En óptica se estudia la interacción de la luz con la materia. Como resultado de este estudio es posible conocer las leyes de propagación de la luz y el cambio de dirección cuando incide sobre la superficie de un objeto transparente, esto es reflexión, refracción y dispersión. En estos fenómenos es evidente la naturaleza "corpuscular" de la luz. Sin embargo tiene también una naturaleza "ondulatoria" que se observa en fenómenos tales como la difracción, interferencia y polarización.

Todos estos conocimientos permiten deducir la forma de las lentes y espejos de un sistema óptico que dirijan la luz de forma tal que sea posible la formación de imágenes de diferentes ampliaciones.

En esta práctica se mostrará el método convencional de fabricación de componentes ópticas así como los métodos de prueba y medición en cada una de las etapas de fabricación de los elementos que se fabrican.

## PRACTICA 2

### MEDICIÓN DE VIBRACIONES MECÁNICAS CON UN VIBRÓMETRO LÁSER

**Dr. Carlos Pérez López**

#### **1. Conceptos básicos**

¿Cómo podríamos **medir** si un puente o un edificio tiene vibraciones consideradas peligrosas?, ¿La presencia de calor excesivo, corrosión en un depósito de petróleo o en una planta nuclear?, ¿O tal vez vibraciones en estructuras miniatura como en partes de discos de computadora, el órgano auditivo, micro-sensores, o las vibraciones en partes automotrices, etc.?. Una forma directa y simple es empleando un instrumento de metrología conocido como **vibrómetro láser**

Los vibrómetros láser Doppler emplean la tecnología láser y **la interferometría óptica** para medir velocidad y desplazamiento de puntos específicos en una estructura en vibración

A diferencia de los transductores convencionales tales como los acelerómetros que se tienen que fijar en la superficie de prueba, los vibrómetros láser operan completamente sin contacto y no son afectados por la superficie de prueba ni por las condiciones ambientales tales como la temperatura y presión.

Un vibrómetro típico comprende una "cabeza" o sensor óptico interferométrico y una unidad electrónica de control. El controlador procesa la señal de la cabeza óptica y entrega un voltaje analógico proporcional a la velocidad o desplazamiento de un punto de la superficie.

Las mediciones de movimiento de una superficie generalmente se agrupan dentro de alguna de las tres categorías siguientes en términos de frecuencia y amplitud.

- a) Aplicaciones meteorológicas. ( $f < 10$  Hz,  $A > 1$   $\mu\text{m}$ )
- b) Mediciones acústicas. ( $f$ : 10 Hz - 20 KHz,  $A > 0.1$   $\mu\text{m}$ )
- c) Mediciones ultrasónicas. ( $f > 20$  KHz,  $A < 1$   $\mu\text{m}$ )

#### **2. Esquema óptico del vibrómetro láser Doppler**

La fig.1 muestra un arreglo interferométrico que satisface los requerimientos de sensibilidad y detección de la dirección del movimiento. El movimiento del objeto afecta la fase óptica del interferómetro si se hace que uno de los haces de luz salga de la unidad interferométrica, incida sobre la superficie a medir y regrese acoplándose de nueva cuenta al interferómetro.

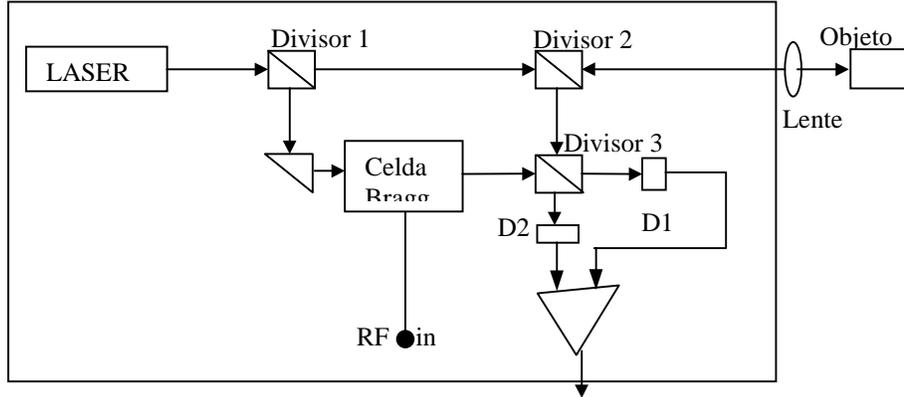
Con la adaptación de un modulador acusto-óptico conocido como **Celda de Bragg** en uno de los brazos del interferómetro, se introduce una frecuencia portadora  $f_B$ , en el haz de luz láser, la cual se controla por una señal eléctrica externa ( $RF_{in}$ ). Esta frecuencia de corrimiento  $f_B$  da por resultado una modulación de la señal de interferencia detectada, con la portadora  $RF$ —radio frecuencia— utilizada.

Tomando en cuenta esta modulación, las intensidades de los sensores (1) y (2) se pueden escribir como:

$$I_{(1)} = \frac{1}{2} A^2 (1 + \cos[2\pi(f_b t + 2\Delta z / \lambda)]) \quad (1), (2)$$

$$I_{(2)} = \frac{1}{2} A^2 (1 - \cos[2\pi(f_b t + 2\Delta z / \lambda)])$$

$\Delta z$  denota el desplazamiento del objeto con respecto a una posición de referencia fija.



**Fig.1** Cabeza sensora del vibrómetro láser Doppler

Restando las señales de salida de los fotodetectores por medio de un amplificador operacional y eliminando el contenido de DC de la señal, tendremos una salida de voltaje  $u$  que está dada por:

$$u = K \cos[2\pi(f_b t + 2\Delta z / \lambda)] \quad (3)$$

que es la señal de salida de la cabeza sensora. Después esta señal se filtra electrónicamente para obtener sólo la contribución del **desplazamiento  $\Delta z$** .

### 3. El efecto Doppler

La ecuación 3 relaciona la salida de voltaje  $u$  de la cabeza del sensor con un desplazamiento del objeto; el objeto se desplaza por una cantidad  $\Delta z$  equivalente a  $2\Delta z$  corrimientos de fase la señal RF detectada que se expresa como

$$\theta_{RF} = 4\pi \Delta z / \lambda \quad (4)$$

Si el objeto se mueve hacia la cabeza sensora a una velocidad constante  $v = \Delta z / \Delta t$ , el corrimiento de fase de salida conlleva un corrimiento de frecuencia de salida, bien conocida como corrimiento Doppler<sup>1</sup>  $f_D$  con

$$f_D = 2v / \lambda \quad (5)$$

<sup>1</sup> Christian Johann Doppler (1803-1853)

Entonces, la frecuencia de salida de la cabeza sensora se puede expresar como:

$$f_{\text{Salida}} = f_B + f_D \quad (6)$$

Dependiendo de la dirección del movimiento, el signo de  $v$  cambia (y también lo hace  $f_D$ ); Una  $v$  positiva significa que el objeto se mueve hacia la cabeza sensora y un movimiento negativo indica que va alejándose del sensor.

#### 4. Experimento

El experimento a realizar está en la categoría de mediciones acústicas.

**Descripción.** El experimento consiste en dirigir el rayo de luz láser del vibrómetro enfocando su lente en un punto de la placa de aluminio a medir, la cual se hace vibrar con la punta de un martillo electromecánico, entre 100 Hz y 1 KHz. Ver la Fig. 2.

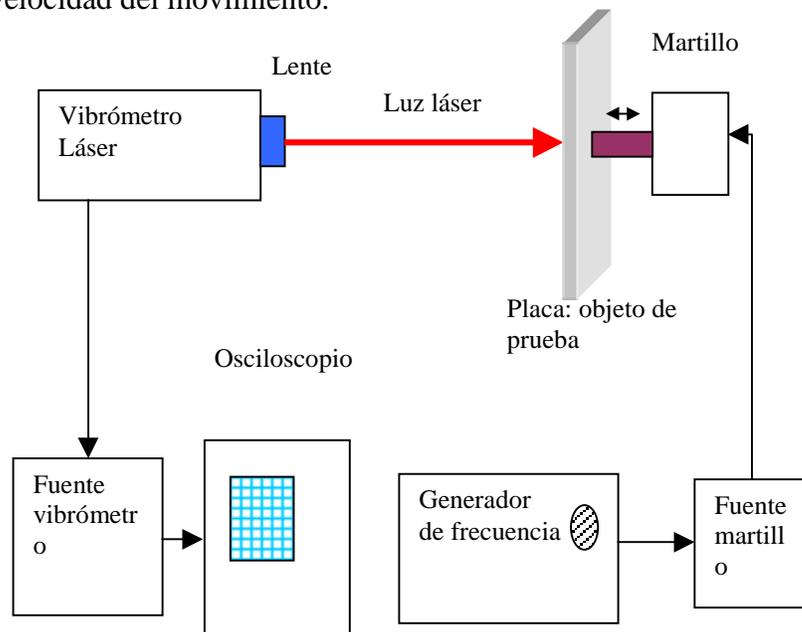
Se hace variar la perilla de un generador de frecuencia de cero a 1000Hz y se observa en el osciloscopio hasta que la onda senoidal de vibración alcance su valor máximo de amplitud (frecuencia de resonancia).

#### Objetivos.

Encuentre la frecuencia de resonancia de la placa y la amplitud máxima de la oscilación con la ayuda del osciloscopio.

Haga una gráfica de amplitud contra frecuencia de la placa de aluminio.

Calcule la velocidad del movimiento.



**Fig. 2** Experimento de laboratorio para medir vibraciones en una placa metálica

**PRÁCTICA 3**  
**MANEJO Y PREPARACIÓN DE UNA FIBRA ÓPTICA PARA ACOPLAR LUZ**  
**EFICIENTEMENTE**

**Dr. David Monzón Hernández**

En la actualidad el término “fibra óptica” goza de gran popularidad. Sin embargo, es muy reducido el número de personas que cuentan con un conocimiento mínimo sobre el tema y más reducido aún las personas que han experimentado con ellas alguna vez. Las principales aplicaciones de las fibras ópticas se dan en el área de las comunicaciones y en la de los sensores ópticos. Los alcances logrados en el terreno de las comunicaciones son asombrosos, se han aumentado las distancias y reducido el número de repetidores entre enlaces gracias a que las pérdidas de potencia han llegado a su valor mas bajo. Además el ancho de banda de una señal, que se propaga por una fibra, es la más grande hasta ahora lograda. Por otro lado, utilizando fibra es posible construir sensores ópticos para detectar una gran variedad de variables físicas, químicas o bioquímicas. Los sensores de fibra óptica pueden ser más sensibles, son inmunes al ruido electromagnético, son ideales para ser utilizados en ambientes explosivos o corrosivos, además de su reducido tamaño y peso.

**Justificación.**

Aprender el manejo adecuado de las fibras ópticas es requisito indispensable para entrar en el campo de las fibras, experimentalmente hablando. Aquí se pretende enseñar los procedimientos recomendables para preparar una fibra. Una fibra lista para ser utilizada requiere que sus terminales estén limpias y lo mas planas posibles. Para lograr una terminal plana existen diferentes métodos, dependiendo del tipo de acoplamiento que se vaya a utilizar. Si la superficie por la que se inyectará la luz dentro de la fibra no está limpia o su cara no es plana, producirá perdidas más allá de lo recomendable. Una vez que la fibra está lista, lo siguiente es aprender los métodos que existen para inyectar luz dentro. En gran medida el éxito de un experimento o de un enlace de fibra depende de lo bien que se haya preparado una fibra. El acoplamiento de la luz dentro de la fibra es crítico en la mayoría de los casos, especialmente cuando la fuente de luz tiene una potencia limitada.

## **PRÁCTICA 4**

### **REFLEXIÓN, TRANSMISIÓN Y ABSORCIÓN DE LUZ EN MULTICAPAS**

**Dr. Jorge A. Gaspar**

Las películas delgadas o multicapas en algunos aparatos ópticos son determinantes de la calidad del producto, como por ejemplo en cámaras fotográficas, video, lentes, etc. En otras aplicaciones, son utilizadas como medios de seguridad contra el copiado o falsificación.

Las películas delgadas nos permiten controlar la propagación de la luz en una dirección. Podemos construir un sistema que deje pasar solo los colores o frecuencias que seleccionemos o al contrario, que se refleje solo lo que queramos. Estas propiedades están basadas en el fenómeno de interferencia de los campos que constituyen la luz y dependen de los espesores e índices de refracción de las películas involucradas.

En esta práctica se trabajará en el cálculo de la reflexión y transmisión de la luz en multicapas y se diseñarán sistemas para aplicaciones específicas. Se dará una breve introducción al fenómeno de interferencia, y se explicarán las bases del algoritmo en el que está basado el programa de cómputo a utilizar.

## **PRÁCTICA 5**

### **ESPARCIMIENTO DE LUZ POR SUPERFICIES RUGOSAS.**

**Dr. Rafael Espinosa Luna**

A simple vista, se tiene la impresión de que la materia, en cualquiera de sus estados sólido, líquido o gaseoso, es continua. El estado sólido, esto es la materia condensada, se adquiere cuando predominan las fuerzas de atracción sobre las de repulsión y cuando los estados energéticos asociados a los elementos que la constituyen se encuentran cercanos al estado base (el de mínima energía). Como sabemos, la materia tiene naturaleza discreta; esto es, está constituida por átomos y moléculas. A la vez, éstos se forman a partir de partículas elementales como son los protones, neutrones y electrones. Si indagamos con mayor profundidad, encontramos que estas partículas elementales se forman a partir de otro tipo de partículas aun más elementales: 6 leptones y 6 quarks (según el Modelo Standard). Por las razones anteriores, si observamos una superficie a través de un microscopio óptico convencional, encontramos detalles adicionales a los que proporciona la observación directa. Si seguimos observando a través de microscopios con mayor capacidad de resolución (por tunelaje electrónico, entre otros) encontraremos aun más información. Siguiendo con este procedimiento, llegaremos a observar que las superficies, antes suaves, presentan discontinuidades superficiales.

Por otro lado, es un hecho cotidiano que dependiendo de las características de la iluminación empleada (longitud de onda, ángulo de incidencia y polarización) puede variar la rugosidad aparente de un objeto.

Surge la pregunta obligada, ¿la rugosidad es una propiedad intrínseca de la materia o depende de la manera en que esta se observa? La búsqueda de respuestas a esta pregunta representa el objeto de investigación de la presente propuesta.

Se ofrece una práctica de laboratorio en donde el estudiante observa la apariencia rugosa de un objeto bajo distintas condiciones de iluminación, con la finalidad de que obtenga un mejor entendimiento de la rugosidad superficial y genere un ejercicio mental de su importancia científica y tecnológica. Se le presentan situaciones en donde aparentemente no se cumplen las leyes de reflexión y de refracción. El estudiante llega a formular sus propias conclusiones.

## PRÁCTICA 6

### EL FENÓMENO DE DIFRACCIÓN

Dr. Guillermo García Torales

Cuando un haz de luz pasa a través de una pequeña abertura, la luz que roza los bordes se desvía formando una distribución de sombras que corresponden a la forma geométrica del obstáculo. A esta desviación se le llama *difracción*. La figura que forman todas las sombras que se generan al paso de la luz por la abertura se le llama *patrón de difracción*.

La difracción de la luz es parte de los muchos fenómenos ópticos de nuestra vida diaria. Un ejemplo del efecto de difracción lo has observado seguramente en el borde luminoso que aparece alrededor de una montaña justo antes del amanecer, o bien, en el espectro de colores que se forma al mirar una lámpara o fuente de luz lejana a través de una tela delgada.

Existen dos formas básicas de difracción. Una de ellas es conocida como la de campo cercano, o de *Fresnel*. Esta se presenta cuando la fuente de iluminación y la pantalla de observación se encuentran a una distancia finita de la abertura (o el obstáculo). Otra, la de campo lejano o de *Fraunhofer*, cuando la pantalla de observación se encuentra a una distancia muy alejada de la abertura.

El campo cercano se extiende desde la posición del objeto hasta una distancia finita. Dicha distancia se calcula conociendo, para un objeto circular, el diámetro  $D$  y la longitud de onda  $\lambda$  de la luz mediante la relación  $D^2/\lambda$ , donde  $D$  es el diámetro de la abertura y  $\lambda$  es la longitud de onda de la fuente de iluminación. El campo lejano se extiende desde el límite del campo cercano hasta el infinito. Por ejemplo, para una abertura de diámetro  $D = 2.5$  cm y utilizando un láser de *Helio-Neón* ( $\lambda = 632$  nm), el campo de lejano se extendería desde aproximadamente un kilómetro hasta el infinito.

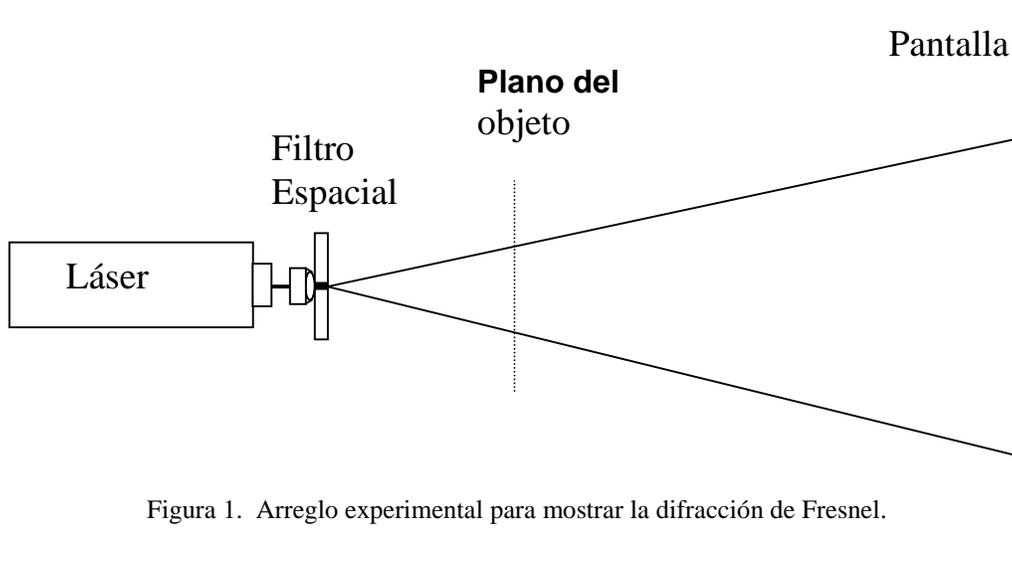


Figura 1. Arreglo experimental para mostrar la difracción de Fresnel.

La Fig.1 muestra el arreglo experimental para obtener patrones de difracción de Fresnel. El láser y el filtro espacial actúan como una fuente de iluminación puntual. La

abertura difractora (obstáculo) se coloca en el plano del objeto cercano al filtro espacial. En la pantalla se observará el patrón de Fresnel correspondiente.

El arreglo de la Fig. 1 se puede modificar para presentar una aproximación de los patrones que se generarían en el campo lejano, Fig. 2.

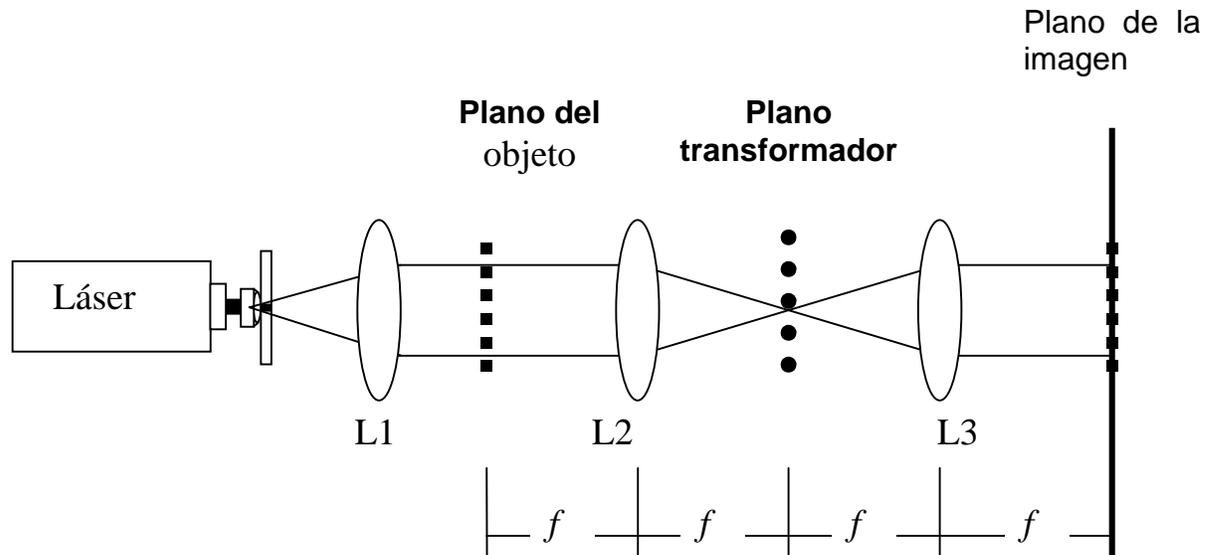


Figura 2. Arreglo experimental para mostrar una aproximación de la difracción de Fraunhofer.

### Equipo Necesario.

- Láser He-Ne (633 nm), 5 mW
- Montura para filtro espacial
- Orificio de precisión 20 $\mu$ m
- Objetivo de microscopio 60X
- Riel óptico
- Porta transparencias
- Divisor de haz de cubo 50/50
- Vidrio esmerilado
- 2 Dobletes acromáticos
- Rejillas de difracción

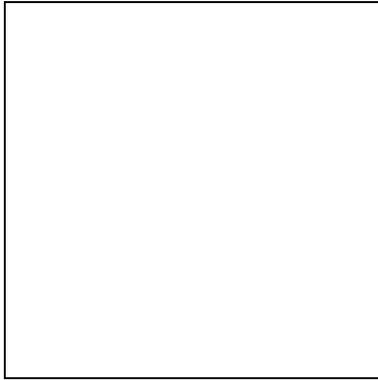
### Desarrollo Experimental.

Utilizando el arreglo de la Fig. 1, observa los diferentes patrones de difracción de campo cercano de diferentes objetos.

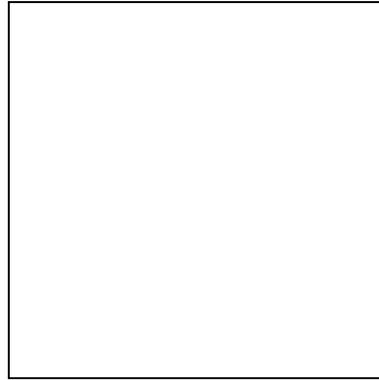
- Empieza por objetos de formas simples, por ejemplo de forma rectangular o circular y continua con objetos de formas complejas.
- Escribe tus observaciones considerando el tamaño y la forma del objeto.
- Compara los resultados de cada una de las observaciones.
- Escribe una conclusión.

Utilizando el arreglo de la Fig. 2, y siguiendo un procedimiento similar al desarrollado con los patrones de Fresnel, obtén una conclusión acerca de los patrones de Fraunhofer.

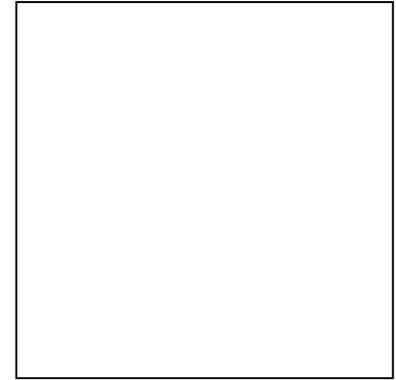
Genera un cuadro de imágenes comparativas de tus resultados (dibújalos o toma algunas fotografías).



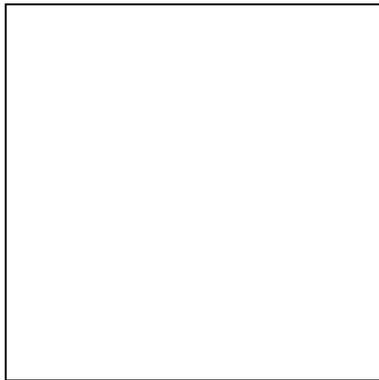
Objeto original



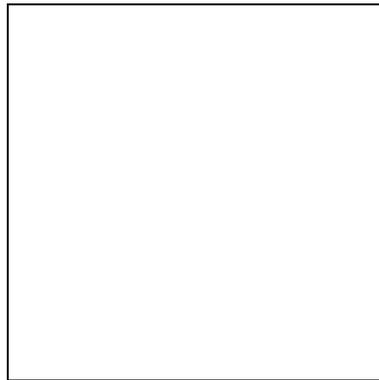
Patrón de Fresnel



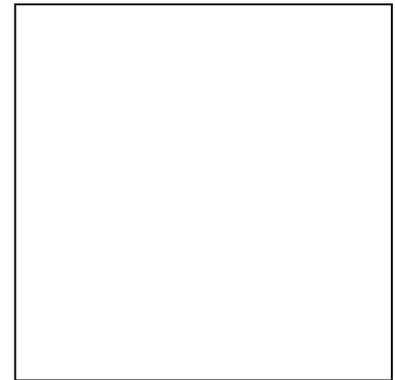
Patrón de Fraunhofer



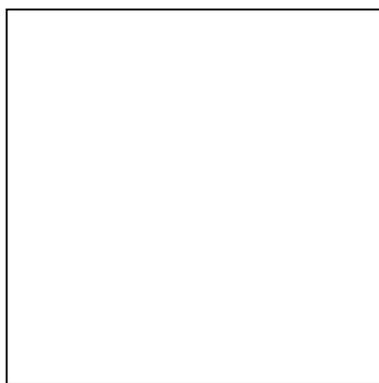
Objeto original



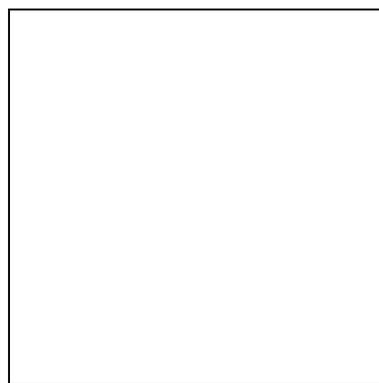
Patrón de Fresnel



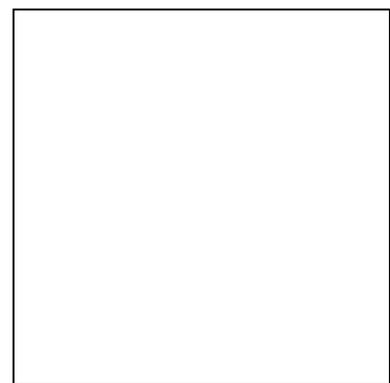
Patrón de Fraunhofer



Objeto original



Patrón de Fresnel



Patrón de Fraunhofer

**PRACTICA 7**

**CÁLCULO DE PRIMEROS PRINCIPIOS DE LAS PROPIEDADES  
ÓPTICAS DE MATERIALES**

**Dr. Jorge Mejía**

El ideal del investigador teórico en cuanto al cálculo de las propiedades ópticas de materiales, es obtener éstas con tal sólo dar las especies atómicas que forman el material. Este objetivo, aunque fácil de enunciar, conlleva a un gran esfuerzo teórico. Se debe de comenzar con las ecuaciones que rigen la dinámica del mundo microscópico y con la teoría que permite estudiar la interacción de la Luz con la Materia. Así como las famosas Leyes de Newton nos permiten estudiar y predecir la dinámica de los objetos macroscópicos, como pelotas de tenis, hasta el movimiento de los planetas y galaxias, la también famosa ecuación de Schrödinger nos da la llave para estudiar el mundo microscópico, que comprende a los átomos y sus constituyentes. Por otro lado, en el siglo XIX el gran físico inglés J.C. Maxwell sintetizó en tan solo cuatro ecuaciones el comportamiento de todos los fenómenos electromagnéticos, entre ellos la luz.

Así, que con las ecuaciones de Schrödinger y Maxwell, en principio, uno puede calcular las propiedades ópticas de cualquier material. Pero tal sencillez no es factible, dado que el problema tiene una complicación inherente. En cualquier cantidad de material se encuentran un número gigantesco de partículas. De hecho, en un *mol* hay  $\sim 10^{23}$  partículas! Para cada partícula hay un juego de ecuaciones, por lo que uno debería de resolver  $10^{23}$  ecuaciones!, lo cual es imposible.

Dentro de la física del Estado Sólido se han desarrollado métodos basados en la mecánica cuántica que permite la solución al problema planteado anteriormente. Estos tipos de métodos serán descritos y se explicará como se pueden aplicar junto con las cuatro de Maxwell, para calcular las propiedades ópticas de los materiales.

En esta práctica los alumnos podrán calcular, a través de programas sofisticados de cómputo, varias propiedades de diferentes materiales. En particular se obtendrá la llamada generación del segundo armónico de una superficie de silicio en la cara 111 con una reconstrucción  $1 \times 1$  y  $7 \times 7$ . Los alumnos utilizarán estaciones de trabajo de alto rendimiento numérico para dichos cálculos. Podrán variar los parámetros involucrados en el cálculo para analizar como se comportan los resultados finales. Aparte de aprender elementos básicos de mecánica cuántica y electromagnetismo, aprenderán un poco del ambiente UNIX de computación y de paquetería de cómputo muy sofisticada.