

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

TRABAJO PRÁCTICO Nº 14

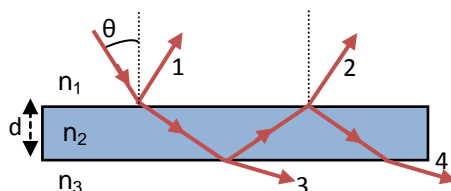
INTERFERENCIA Y DIFRACCIÓN.

P1. Dos fuentes coherentes A y B localizadas en el aire emiten ondas electromagnéticas con una longitud de onda de 2 cm. Un punto P se halla situado a 4,86 m de A y a 5,24 m de B.

- ¿Cuál es la diferencia de camino geométrico entre las dos ondas en el punto P y la diferencia de camino óptico?
- ¿Cuál es la diferencia de fase en P entre estas dos ondas?
- Si las fuentes se sumergen en agua ¿cómo serán ahora la diferencia de camino óptico y de camino geométrico en el punto P? ¿Cambia la diferencia de fase en P?

C1. Un haz de luz con longitud de onda λ incide normalmente sobre una lámina de caras paralelas. Los índices de refracción cumplen $n_1 < n_2$ y $n_2 > n_3$.

- Considerando los rayos 1 y 2 determine la diferencia de fase total, la diferencia de fase por reflexión y la diferencia de fase por diferencia de camino óptico.
- Repita el inciso anterior considerando los rayos 3 y 4.
- Calcule el espesor mínimo de la lámina para que los rayos 1 y 2 interfieran constructivamente.
- Cuando eso sucede ¿qué pasa con los rayos 3 y 4? Justifique la respuesta.
- ¿Qué sucede con los pares de rayos considerados anteriormente si, manteniendo el espesor mínimo calculado en c), se cambia el medio inferior de manera que ahora $n_1 < n_2 < n_3$?



E1. Película delgada

Materiales:

Agua, detergente, clip grande y linterna.

Armado del dispositivo:

- Mezcle agua tibia con un poco de detergente de forma tal de obtener agua jabonosa.
- Sumerja el clip en el agua preparada anteriormente, de forma tal que se forme una película delgada.
- Alumbre la película con luz blanca de la linterna y muévala hasta obtener colores.
 - ¿Qué observa?
 - Explique por qué se observan colores al alumbrar con luz blanca la película.



P2. Las paredes de una burbuja de jabón inmersa en aire tienen el mismo índice de refracción que el del agua. Si el espesor de la pared de la burbuja mide 290 nm,

- determine la longitud de onda dentro del rango visible que se refleja con mayor intensidad en un punto localizado sobre una burbuja. ¿A qué color corresponde dicha longitud de onda?
- Si la película de jabón es muy delgada y su espesor es mucho menor que una longitud de onda de la luz visible, se ve negra. En contraste, una capa igualmente delgada de agua jabonosa sobre vidrio parece muy brillante. ¿A qué se debe esta diferencia?

P3. Calcule el espesor de una película de jabón que al ser iluminada por luz natural se ve violeta por reflexión y amarilla por transmisión, cuando se la mira normal a la superficie. Considere que la longitud de onda del violeta es 400 nm y la del amarillo es 600 nm.

A1. Sobre la superficie de la ventana de un automóvil, de índice de refracción de 1,52, se coloca una película plástica con índice de refracción de 1,85 para incrementar la luz reflejada y mantener más fresco el interior del vehículo.

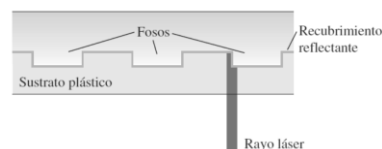
Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- ¿Cuál es el espesor mínimo de la película para producir interferencia constructiva entre los rayos reflejados cuando incide luz de 550 nm?
- ¿Cuál es el espesor siguiente de la película con el que se puede producir interferencia constructiva?
- Calcule los coeficientes de reflexión y transmisión.

A2. Los discos compactos (CD) se leen por la parte de abajo mediante un láser semiconductor de longitud de onda 790 nm que pasa a través de un sustrato plástico cuyo índice de refracción es 1,8. Cuando el haz encuentra un foso (pit), una parte del haz se refleja en el foso y otra parte en la región plana que separa los mismos, de manera que los haces interfieren. ¿Cuál debe ser la profundidad mínima de los fosos de manera que los haces interfieran de manera destructiva? Esta cancelación es lo que permite que el aparato reconozca el comienzo y final de un foso.



- A3.** Una celda solar, generalmente hecha con Si de índice de refracción 3,5, tiene pérdidas por reflexión del 30%, pero un recubrimiento puede reducir este valor a casi 10%. Para minimizar estas pérdidas, las celdas solares están recubiertas con una delgada película transparente de SiO, $n=1,45$.
- Determine el mínimo grosor de película que produce la menor reflexión al iluminarlo con luz de 550 nm.
 - ¿Qué ocurre si la luz incidente es blanca?
 - Calcule los coeficientes de reflexión y transmisión.

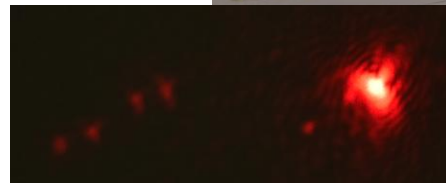
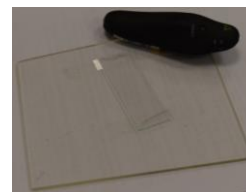
E2. Cuña de aire

Materiales:

Dos trozos de vidrio o acrílico, un hilo de cable, cinta adhesiva y láser.

Armado del dispositivo:

- Coloque sobre uno de los trozos de vidrio el hilo de cable.
 - Coloque sobre el cable uno de los extremos del otro trozo de vidrio.
 - Sujete los extremos con una cinta adhesiva.
 - Alumbre con el láser la cuña de forma tal que se proyecte la imagen en una pared blanca.
- ¿Qué observa?
 - Explique por qué se observan diferentes franjas brillantes.



- P4.** Suponga dos placas planas de un material de índice de refracción 1,6, superpuestas en un extremo y separadas por un alambre en el otro, formando una delgada cuña de aire. Cuando sobre la placa incide normalmente luz de longitud de onda 632,8 nm (láser de He-Ne) se observan por reflexión 9 franjas brillantes entre el alambre y el vértice (el alambre se localiza en la décima franja oscura).
- Explique por qué el vértice aparece oscuro.
 - ¿Cómo se observa el vértice cuando se mira por transmisión?
 - Muestre que las franjas brillantes están uniformemente espaciadas.
 - Determine el diámetro del alambre.
 - ¿Qué ocurre si el espacio entre las láminas se llena con aceite de índice de refracción 1,722? ¿Cuántas franjas se observarían por reflexión?

P5. Un haz de luz dicromático, de longitudes de onda de 650 nm y 520 nm, incide casi normalmente sobre una lente plano-convexa. La lente que reposa sobre una placa plana, tiene un radio de curvatura de 85 cm y el espacio entre la lente y la placa está lleno de aire. Si la m -ésima banda oscura correspondiente a la longitud de onda de 650 nm coincide con la $(m+1)$ -ésima banda oscura a

Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

520 nm, determine el radio de dicha banda.

- P6.** En un dispositivo para observar anillos de Newton se mide el diámetro del cuarto anillo brillante. Al llenar el espacio entre la lente y la placa con un líquido desconocido, se mide el diámetro del mismo anillo brillante. Si los diámetros cambian de 2,52 cm a 2,21 cm, calcule el índice de refracción del líquido.
- C2.** El patrón de interferencia originado sobre una pantalla distante al iluminar con luz monocromática dos ranuras se compone de franjas oscuras y brillantes.
- Analice si las franjas brillantes consecutivas se encontrarán igualmente separadas. ¿Qué pasa con la separación de las franjas oscuras?
 - ¿Puede decir que las franjas oscuras se ubican justo en la mitad de la distancia de las franjas brillantes?
- P7.** Dos rendijas estrechas separadas 1,5 mm se iluminan con luz de 400 nm de longitud de onda y después con una de 700 nm. Las franjas de interferencia se observan sobre una pantalla situada a 3 m de distancia.
- Encuentre la separación de las franjas brillantes sobre la pantalla en cada caso.
 - Determine la separación entre franjas oscuras en cada caso. Compare con el resultado anterior.
 - Si la luz monocromática se sustituyera por luz blanca discuta cualitativamente cómo sería el patrón de interferencia sobre la pantalla.

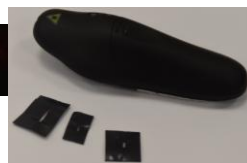
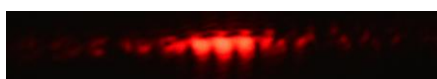
E3. Interferencia usando un láser

Materiales:

Tijeras, láser, cinta aisladora y alambre fino.

Armado del dispositivo:

- Corte dos pequeños trozos de cinta aisladora y colóquelos en la abertura del láser para reducirla.
 - Coloque un trozo de alambre fino en el medio de la abertura, pegándolo con la cinta.
 - Pegue dos cintas a los costados del alambre lo más cerca posible sin tocarlo.
 - Apague la luz y encienda el láser, apuntándolo a una hoja/pared blanca.
- ¿Qué observa?
 - ¿Qué condiciones se deben cumplir para observar el patrón de interferencia?

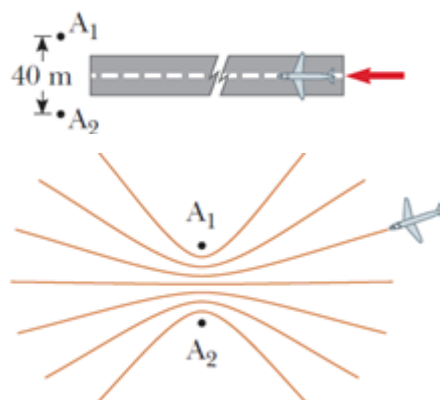


- C3.** Se hace pasar luz roja con longitud de onda de 700 nm a través de dos ranuras, al mismo tiempo que atraviesa luz visible monocromática con otra longitud de onda. Como resultado, la mayor parte del patrón que aparece en la pantalla es una mezcla de dos colores, sin embargo, el centro de la tercera franja brillante ($m = 3$) correspondiente a la luz roja aparece como un rojo puro. ¿Cuáles son las posibles longitudes de onda del segundo tipo de luz visible? Justifique su respuesta.

- A4.** El experimento de doble ranura de Young es la base del sistema de aterrizaje por instrumentos que se emplea para guiar aviones cuando hay mala visibilidad.

Un piloto intenta alinear su avión con la pista, utilizando las señales de dos antenas de radio A_1 y A_2 ubicadas de forma adyacente a la pista y separadas 40 m. Las antenas transmiten ondas de radio coherentes no moduladas de frecuencia 30 MHz.

El piloto sigue la máxima señal en conformidad con el máximo central de interferencia, que se corresponde con el rumbo correcto para aterrizar cuando llegue a la pista.



Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- a) ¿A qué distancia del centro de la pista estará el avión si el avión vuela siguiendo el primer máximo lateral, cuando se localice a 2 km de las antenas?

Es posible avisarle al piloto que está en el máximo equivocado si se le envían dos señales desde cada antena y se equipa al avión con un receptor de dos canales.

- b) Explique la forma en que funcionaría este sistema de dos frecuencias y por qué no necesariamente daría resultado si las frecuencias estuvieran relacionadas por una relación de enteros.

P8. Un sistema de dos rendijas es iluminado por una fuente monocromática de longitud de onda 550 nm. La distancia entre las dos ranuras es 3,3 mm mientras que la distancia desde las ranuras a la pantalla es 3 m. Al colocar detrás de la ranura superior una lámina de caras paralelas y planas de material desconocido, de espesor 0,01 mm, la primer franja brillante de interferencia está a 4,73 mm del centro.

- a) Determine el valor del índice de refracción del material.
b) ¿Qué ocurre con la posición de la franja central?
c) ¿Se puede detectar dicho corrimiento cuando se emplea una fuente policromática?

A5. La figura muestra un dispositivo denominado espejo de Lloyd utilizado para realizar experiencias de interferencia con rayos X. Este dispositivo consta de una fuente de luz S, un espejo y una pantalla. Parte de la luz que emite S es reflejada por el espejo (cuyo índice de refracción es mayor a 1) y contribuye a la iluminación de la pantalla donde interfiere con la luz directa que proviene de S.



- a) Represente los rayos que parten de S e interfieren en P. Discuta su analogía con la experiencia de Young.
b) Calcule la separación de las franjas brillantes en la pantalla para luz de 0,8 nm, la distancia entre la fuente S y el espejo es de 2 mm y la distancia de la fuente a la pantalla es de 3 m.
c) ¿Cómo se observa la franja central?

P9. Suponga que incide luz sobre tres dispositivos que tienen 2, 4 y 7 rendijas cada uno, con la misma separación entre ellas en todos los dispositivos.

- a) Determine la intensidad de los máximos principales y su posición de los máximos en cada caso.
b) ¿Se modifica su respuesta anterior al cambiar el número de rendijas?
c) Determine la posición de los mínimos y la cantidad de máximos secundarios.
d) ¿Se modifica su respuesta anterior al cambiar el número de rendijas?
e) Estime el ancho de los máximos principales de interferencia en cada caso.
f) Realice un esquema del patrón de interferencia para cada caso.

P10. Se hace pasar el haz de un láser de 700 nm de longitud de onda a través de una rendija de 0,2 mm de ancho. Se genera un patrón de difracción sobre una pantalla situada a 6 m de distancia. Determine:

- a) el ancho del máximo central o lóbulo central de la figura de difracción sobre la pantalla;
b) el ancho de los lóbulos laterales de difracción y su posición.

E4. Difracción usando un láser

Materiales:

Tijeras, láser y cinta aisladora.

Armado del dispositivo:

- Corte dos pequeños trozos de cinta aisladora y colóquelos en la abertura del láser para reducirla.
- Apague la luz y encienda el láser, apuntándolo a una pared blanca.
 - ¿Qué observa?
 - ¿Qué condiciones se deben cumplir para observar el patrón de difracción?



Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.



P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

- C4.** A través de una única ranura de ancho a pasa luz de longitud de onda λ y frecuencia f y observándose el patrón de difracción en una pantalla ubicada a una distancia D de la ranura. Indique, justificando la respuesta en cuáles de los siguientes casos el máximo central se reduce
- al disminuir el ancho de ranura;
 - al disminuir la frecuencia de la luz;
 - al disminuir la longitud de onda de la luz;
 - al disminuir la distancia D de la ranura a la pantalla.
- P11.** Sobre una rendija de ancho de 30000 nm incide normalmente un haz de luz de rayos paralelos monocromática, observándose el patrón de interferencia sobre una pantalla ubicada a 3 m de la rendija.
- Sabiendo que la longitud de onda correspondiente a luz roja es 700 nm y la luz violeta es 400 nm, determine la posición del primer mínimo para dichos colores.
 - ¿Bajo qué ángulo se observarán el segundo mínimo de difracción para cada color?
 - Si se hace incidir luz blanca, ¿cómo se observa el máximo central? ¿Qué pasa con los lóbulos laterales?
- P12.** Dos rendijas de ancho 0,015 mm, separadas 0,06 mm, se encuentran iluminadas por luz de longitud de onda de 650 nm.
- Sin tener en cuenta los efectos de difracción debidos al ancho de las ranuras, calcule la posición de los cuatro primeros máximos del patrón de interferencia, en una pantalla ubicada a 2 m de las rendijas.
 - Si ahora se tiene en cuenta los efectos de difracción y sabiendo que la intensidad en el centro del máximo central es I_0 , determine las intensidades en cada una de las posiciones calculadas en el inciso anterior.
 - ¿Qué máximo de interferencia, producido por la doble ranura, se pierde en el patrón observado en la pantalla en el caso del inciso b)?
 - ¿Cuántas franjas brillantes o máximos de interferencia se ven en el máximo central de difracción?
 - ¿Cuántas franjas brillantes o máximos de interferencia se ven en los lóbulos laterales de difracción?
- C5.** Sobre dos ranuras separadas una distancia d , inciden dos ondas electromagnéticas planas monocromáticas de longitudes de onda λ_1 y λ_2 .
- ¿Qué relación debe satisfacer el cociente entre longitudes de onda para que el tercer máximo de interferencia de λ_1 coincida con el tercer mínimo de interferencia de λ_2 ?
 - Dado la relación entre longitudes de onda determinada en el inciso anterior, determine el ancho de las ranuras si se desea que el tercer máximo de interferencia de λ_1 (que coincide con el tercer mínimo de interferencia de λ_2) coincida con el primer mínimo de difracción de λ_1 .
 - ¿Qué intensidad se registrará en la pantalla en ese punto?
- P13.** Un experimento de interferencia-difracción produce un patrón de franjas brillantes y oscuras sobre una pantalla ubicada a 2,50 m de las ranuras. La distancia entre dos puntos brillantes medida desde sus centros es 1,53 mm (excepto por el punto faltante u orden perdido). La fuente de luz es un láser de helio-neón de longitud de onda 632,8 nm. En el lóbulo central se observan 13 franjas brillantes y en los laterales (primer lateral a cada lado del lóbulo central) se observan 6 franjas brillantes.
- Determine la distancia de separación de las ranuras y el ancho de las mismas.
 - ¿Qué máximo de interferencia se pierde en la pantalla?
 - Si cambia la longitud de onda ¿cambia el orden perdido?
 - Represente la distribución de intensidad luminosa sobre la pared en función de la posición.
 - ¿Cómo cambia la distribución de intensidad si una de las ranuras es tapada? Grafique.
 - ¿Cómo cambia la distribución de intensidad si las ranuras duplican su ancho? Grafique.

P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

P14. Suponga que incide luz sobre tres dispositivos que tienen 2, 4 y 7 rendijas cada uno. Cada rendija de cada dispositivos tienen el mismo ancho a y la misma separación entre ellas $d = 3a$ (recuerde el ejercicio P9).

- Analice la posición de los máximos principales en cada caso.
- ¿Se modifica el ancho el lóbulo central del patrón de difracción cuando cambia el número de rendijas?
- ¿Cuántos máximos principales y cuántos secundarios quedan comprendidos dentro del lóbulo central de difracción en cada caso?
- ¿Cuántos máximos principales y cuántos secundarios quedan comprendidos dentro de los lóbulos laterales de difracción en cada caso?
- Realice un esquema del patrón de interferencia-difracción para cada caso.

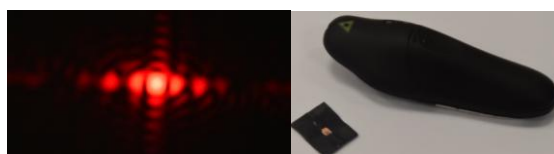
E5. Red de difracción

Materiales:

Tijeras, láser, cinta aisladora y alambre fino.

Armado del dispositivo:

- Corte dos pequeños trozos de cinta aisladora y colóquelos en la abertura del láser para reducirla.
- Pegue 10 trozos de alambre fino en el medio de la abertura.
- Pegue dos cintas a los costados del arreglo de alambres lo más cerca posible sin tocarlo.
- Apague la luz y encienda el láser, apuntándolo a una pared blanca.
 - ¿Qué observa?
 - ¿Qué ocurre si en vez de usar un láser se usa luz blanca?



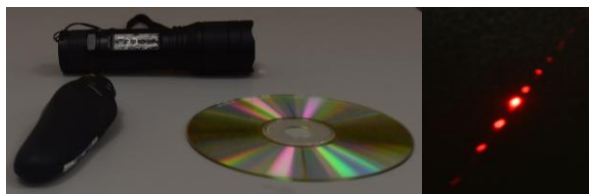
E6. Red de difracción con un CD

Materiales:

CD, láser.

Armado del dispositivo:

- Ilumine un CD con el láser.
 - ¿Qué observa?
 - ¿Cómo explica el fenómeno?
 - ¿La difracción se observa por transmisión o reflexión?



A6. Suponga que la visión del ojo humano está limitada por la difracción originada en la luz que atraviesa la pupila que en condiciones normales de iluminación tiene un diámetro de 2 mm.

- Calcule el ángulo mínimo que permite distinguir dos objetos localizados a una distancia de 25 cm del ojo (distancia de visión clara) cuando se encuentran iluminados con una luz de longitud de onda 550 nm.
- Determine la separación entre dichos objetos.


P15. Las longitudes de onda del espectro visible abarcan aproximadamente desde 400 nm (violeta) hasta 700 nm (rojo).

- Calcule el ancho angular del espectro visible de primer orden que produce una red plana con 600 rendijas por milímetro cuando incide luz blanca en dirección normal sobre la misma.
- ¿Se superponen los espectros de primero y de segundo orden?
- ¿Qué ocurre con los espectros de segundo y de tercer orden?
- ¿Cómo se modifican sus respuestas si se aumenta la cantidad de líneas a 20000 líneas por milímetro?

Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.



P: problemas; C: ejercicios conceptuales para discutir en grupos; A: ejercicios de aplicación; E: experimentos para realizar en la casa;
L: ejercicios relacionados con el laboratorio; : ejercicios filmados

E7. Red de difracción con un CD


Materiales:

CD, luz blanca.

Armado del dispositivo:

- i. Ilumine un CD con luz blanca.
 - a) ¿Qué observa?
 - b) ¿Cómo explica el fenómeno? (Recuerde el ejercicio A3 del TP14)
 - c) ¿La difracción se observa por transmisión o reflexión?



P16.  Se dispone de dos redes de difracción cuadradas de 2 cm de lado, una de ellas tiene 600 líneas/mm y otra 1200 líneas/mm.

- a) Calcule el poder separador de cada red en el primer orden.
- b) ¿Cuál es la separación angular para el primer orden entre las emisiones amarillas del doblete de sodio (589 nm y 589,6 nm)? ¿Es posible separar el doblete del sodio?
- c) Determine el máximo orden observable.

P17. Si una red de difracción produce su máximo de tercer orden a un ángulo de $78,4^\circ$ con luz de longitud de onda de 681 nm, calcule

- a) el número de ranuras por centímetro de la rejilla;
- b) la posición angular de los máximos de primer y segundo orden.
- c) ¿Podrá observar un máximo brillante de cuarto orden? Justifique su respuesta.

A7. Interferometría en astronomía

El observatorio de radio astronomía Karl G. Jansky Very Large Array (VLG) está ubicado en Nuevo México, Estados Unidos. Consta de 27 radiotelescopios (antenas) independientes de 25 metros de radio ubicados en forma de Y. Como cada antena está ubicada sobre rieles puede modificarse la distancia entre ellas, de forma tal de ajustar el balance entre resolución angular y sensibilidad de brillo en la superficie. El arreglo actúa como una única antena con diámetro variable (de hasta 32 km de diámetro) que permite una resolución angular entre 0,2 y 0,04 segundos de arco.



Constantes:

Índice de refracción de agua = 1,33; velocidad de la luz 300000 km/s.