

FI1100 Introducción a la Física Moderna
Sección 8, PPI y SB.
Auxiliar: José Luis López M.



Guía de Preparación Control 2

13 de noviembre de 2021

Esta guía contiene una recopilación de ejercicios de los siguientes tópicos:

- I. Interferencia en doble rendija.
- II. Interferencia en películas delgadas.
- III. Difracción en una rendija.
- IV. Efecto fotoeléctrico.
- V. Niveles de energía atómicos.

Si quieren más ejercicios, pueden hacer los propuestos de las auxiliares 9 y 10, de la sección 8 :)

éxito en su estudio y en el control!!!

P0. Está trabajando en un laboratorio de investigación óptica. Uno de sus proyectos implica el uso de una **doble rendija** a través de la cual pasa una luz láser naranja de longitud de onda 590 nm. Lamentablemente debido a los recortes presupuestarios, hay muchxs investigadores en la misma sala con muchos equipos y, en particular, muchos rayos láser volando por ella.



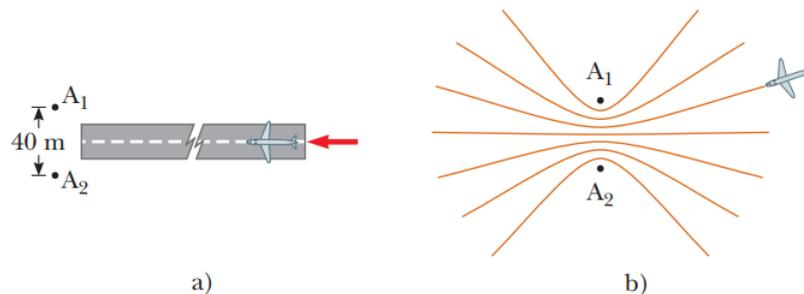
Un día, encuentra que un segundo rayo láser de origen desconocido y color diferente está ingresando a su doble rendija junto con su rayo naranja y está viendo un patrón de interferencia que es la suma de aquellos debidos a los dos haces. Nota que el patrón combinado es un desastre, ¡pero espere! **El máximo $m = 3$ de su patrón de rayo láser naranja es puro**; no hay absolutamente ninguna mezcla del otro color en ese punto. A partir de este hecho, determine la longitud de onda de la luz del láser invasor para que pueda averiguar a qué otro investigador pedirle que modifique la orientación de su rasha láser.

P1. Dos altavoces, separados por una distancia de 2,5 m, son alimentados por el mismo oscilador de audio de manera que cada uno produce un sonido que consiste en dos frecuencias distintas: 0,9 kHz y 1,2 kHz. La rapidez del sonido en la habitación es de 344 m/s.

Calcule todos los ángulos con respecto a la línea central habitual frente a (y lejos de) los altavoces con los que ambas frecuencias interfieren constructivamente.

P2. Explique por qué dos linternas sostenidas juntas no producen configuración de interferencia alguna en una pantalla distante.

P3. El experimento de doble ranura de Young es la base del sistema de aterrizaje por instrumentos que se emplea para guiar aviones a aterrizajes seguros cuando hay mala visibilidad. Aun cuando los sistemas reales son más complicados que el ejemplo aquí descrito, funcionan con los mismos principios. Un piloto intenta alinear su avión con una pista, como se sugiere en la figura a). Dos antenas de radio A_1 y A_2 están colocadas adyacentes a la pista, separadas 40 m entre sí. Las antenas transmiten ondas de radio coherentes no moduladas a 30 MHz.



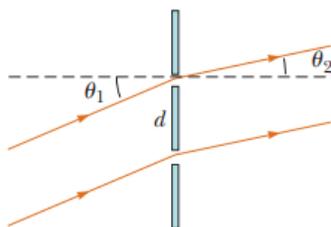
a) Encuentre la longitud de onda de las ondas.

El piloto “enlaza” en la señal intensa radiada en conformidad con un máximo de interferencia, y dirige el avión para mantener intensa la señal recibida. Si encuentra el máximo central, el avión tendrá justo el rumbo correcto para aterrizar cuando llegue a la pista.

b) ¿Qué pasaría si? Suponga más bien que el avión vuela en conformidad con el primer máximo lateral. ¿A qué distancia de la lateral de la línea de centro de la pista estará el avión cuando esté a 2.00 km de las antenas?

P4. Rayos de luz coherente de longitud de onda λ inciden en un par de ranuras separadas por una distancia d a un ángulo θ_1 , como se muestra en la figura. Suponga que se forma un máximo de interferencia en un ángulo θ_2 a una gran distancia de las ranuras.

Demuestre que $d(\sin \theta_2 - \sin \theta_1) = m\lambda$, donde m es un entero.



P5. Sobre la superficie de la ventana de un auto se coloca una película plástica de índice de refracción $n_p = 1.85$ para incrementar la reflectividad y mantener más fresco el interior del vehículo. El vidrio de la ventana tiene un índice de refracción de $n_v = 1.52$. Suponga incidencia normal.

- a) Dibuje el sistema de placas/láminas que refleja y por el cual atraviesa la luz.
- b) ¿Cuál es el espesor mínimo que se requiere si luz con longitud de onda de 550 nm se refleja en ambos lados de la película para interferir constructivamente?

Hint: En este caso, la película no está rodeada de aire por ambos lados, por lo que no le servirán las ecuaciones derivadas para ese caso! Ahora, deberá analizar a mano la diferencia de fase: ¿La luz que se refleja en la interfaz plástico-vidrio sufre un cambio de fase?

- c) Es difícil fabricar e instalar recubrimientos tan delgados como el del inciso a). ¿Cuál es el espesor siguiente más grueso para el que también habría interferencia constructiva?

P6. Desde las superficies superior e inferior de una placa de vidrio ($n = 1,52$) se refleja luz blanca que incide en forma normal. Arriba y abajo de la placa hay aire. Se observa interferencia constructiva para luz cuya longitud de onda en el aire es de 477 nm. ¿Cuál es el espesor t de la placa si la siguiente longitud de onda más larga para la que hay interferencia constructiva es 540,6 nm?

P7. Un buque tanque derrama una gran cantidad de petróleo ($n = 1,45$) en el mar ($n = 1,33$).

- a) Si se observa al derrame desde arriba, ¿cuál es la longitud de onda predominante que se ve en un punto donde el petróleo tiene un espesor de 380 nm? ¿De qué color es la luz?
- b) En el agua debajo de la mancha aceitosa, ¿qué longitud de onda visible (según se mide en el aire) predomina en la luz transmitida en el mismo punto de la mancha que se describe en el inciso a)?

Hint: Piense si para cierta λ la luz se refleja destructivamente en la película, qué pasa con la luz de esa misma longitud de onda que se transmite al otro lado de la película?

P8. Difracción en un vano de puerta:

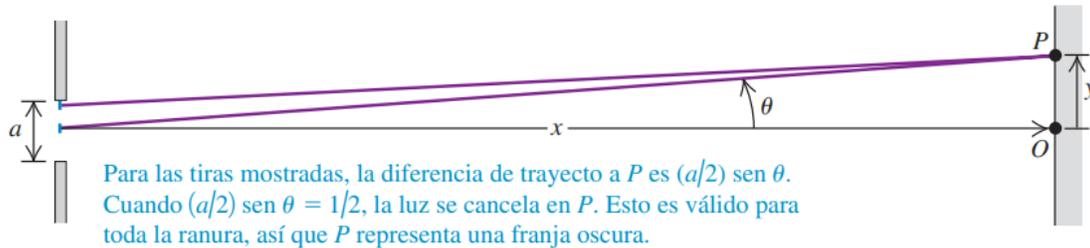
A través del vano de una puerta de 1 m de ancho de una habitación, sale sonido con una frecuencia de 1250 Hz. ¿A qué ángulos con respecto a la línea media perpendicular al vano de puerta una persona que se encuentre afuera de la habitación no escuchará sonido alguno?

Tome 344 m/s como la rapidez del sonido en aire y suponga que la fuente y la persona están ambos lo suficientemente lejos del vano. Desprecie los efectos de las reflexiones.

P9. A través de una sola ranura pasa luz monocromática con una longitud de onda de 580 nm, y se observa el patrón de difracción en una pantalla. La fuente y la pantalla están lo suficientemente lejos de la ranura como para que sean válidas las aproximaciones vistas en clases.

Si los primeros mínimos de difracción están en $\pm 90^\circ$, de modo que el máximo central ocupa totalmente la pantalla, ¿cuál será el ancho a de la ranura?

- P10.** Las ondas de todo tipo sufren difracción, incluso las ondas sonoras. A través de una ranura angosta de 12 cm de ancho pasa sonido de alta frecuencia, proveniente de una fuente distante, con una longitud de onda de 9 cm. Un micrófono se encuentra a 40 cm directamente enfrente de la ranura, en la posición que corresponde al punto **O** de la figura:



Se desplaza el micrófono en dirección perpendicular a la recta que une el centro de la ranura con el punto **O**. ¿A qué distancias de **O** la intensidad que el micrófono detecta es cero?

- P11.** [Control 2020-2]

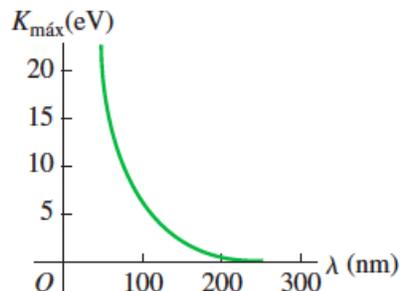
En un experimento de efecto fotoeléctrico se observa que para luz de longitud de onda de 400 nm, los electrones emitidos tienen una energía máxima de $3,2 \cdot 10^{-19}$ J, y para luz de longitud de onda de 600 nm los electrones tienen una energía máxima de $1,6 \cdot 10^{-19}$ J. Calcule, a partir de estos datos, la función trabajo del material Φ y la constante de Planck h .

- P12. Exposición de película fotográfica**

El compuesto fotosensible de la mayor parte de las películas fotográficas es bromuro de plata (AgBr). Una película se “expone” cuando la energía luminosa absorbida disocia esta molécula en sus átomos (el proceso real es más complejo, pero el resultado cuantitativo no es muy diferente). La energía de disociación del AgBr es $1 \cdot 10^5$ J/mol.

Para un fotón que apenas puede disociar una molécula de bromuro de plata, calcule:

- La energía del fotón, en electron-volts.
 - La longitud de onda y frecuencia del fotón.
 - ¿Cuál es la energía, en electrón volts, de un fotón con una frecuencia de 100 MHz?
 - La luz de una luciérnaga puede exponer la película fotográfica, pero la radiación de una estación de FM que transmite 50,000 W a 100 MHz no. Explique por qué.
- P13.** En un experimento de efecto fotoeléctrico, la energía cinética máxima de los fotoelectrones expulsados se mide para varias longitudes de onda de la luz incidente. La figura presenta una gráfica de esta energía cinética máxima, K_{max} , como función de la longitud de onda λ de la luz que incide sobre la superficie del metal.



- ¿Cuáles son la frecuencia de umbral y la función trabajo (en electron-volts) de este metal?
- Los datos de experimentos como éste a menudo se grafican presentando K_{max} como función de $1/\lambda$. Elabore un dibujo cualitativo de esta gráfica. Identifique la longitud de onda umbral λ_0 en su dibujo. ¿Qué ventajas tiene graficar los datos de esta forma?

P14. Un fotón con 2.28 eV de energía **apenas** es capaz de causar un efecto fotoeléctrico cuando golpea una placa de sodio. Suponga que, en vez de ello, el fotón es absorbido por hidrógeno. Encuentre:

- El mínimo n para un átomo de hidrógeno que se puede ionizar por tal fotón.
- La rapidez del electrón liberado más alejado del núcleo.

P15. Un átomo está inicialmente en un nivel de energía $E = -26,52$ eV, y absorbe un fotón de 860 nm de longitud de onda. ¿Cuál es la energía interna del átomo después de absorber al fotón?

P16. Un átomo que inicialmente está en un nivel de energía con $E = -22,68$ eV emite un fotón de 420 nm de longitud de onda. ¿Cuál es la energía interna del átomo después de emitir el fotón?

P17. Modelo atómico de Bohr

- Demuestre que en el modelo de Bohr, la frecuencia de revolución de un electrón en su órbita circular en torno a un núcleo estacionario de hidrógeno es

$$f = \frac{me^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \frac{1}{n^3}$$

La fuerza de atracción eléctrica entre el electrón y el núcleo está dada por la fuerza Coulombiana $F_e = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, donde q_1 y q_2 son las cargas eléctricas de las partículas, ϵ_0 es la permitividad eléctrica en el vacío y r la distancia radial entre cargas.

- En física clásica, la frecuencia de revolución del electrón es igual a la frecuencia de la radiación que emite. Demuestre que cuando n es muy grande, la frecuencia de revolución sí es igual a la frecuencia irradiada, calculada con la ecuación $hf = \frac{hc}{\lambda} = E_i - E_f$, en una transición del nivel $n_1 = (n + 1)$ al nivel $n_2 = n$.

Hint: Tome en cuenta que aplicando la expansión de Taylor a la función $\frac{1}{x^2}$ en torno a $x = 1$, se obtiene la siguiente aproximación: $\frac{1}{x^2} \approx 1 - 2(x - 1)$