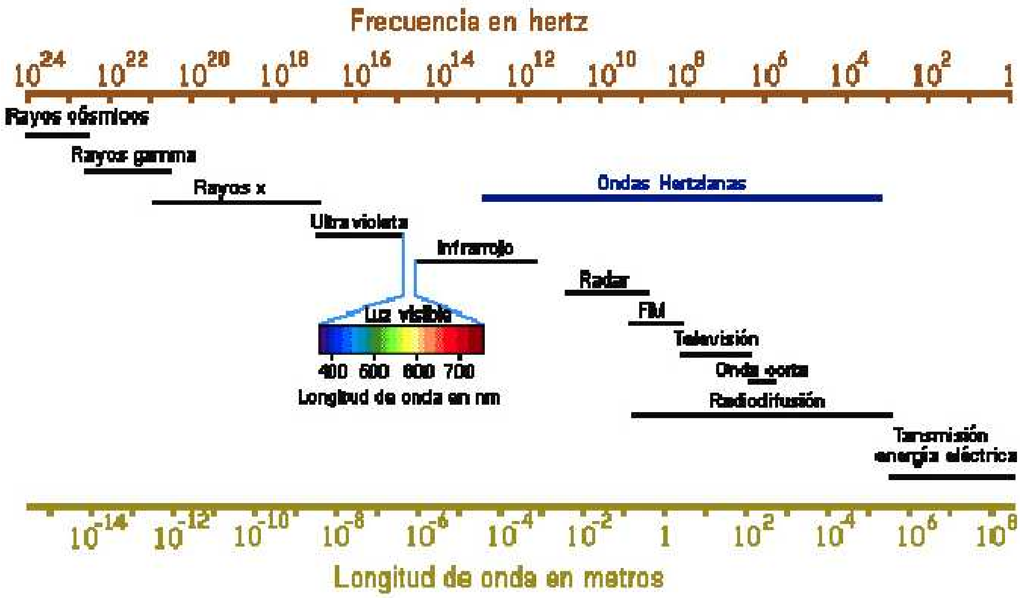
Física 2 Biólogos y Geólogos - 2^{do} cuatrimestre 2005
Turno: Noche

Serie 5: Interferencia

1. **Ondas sonoras**: el sonido se propaga en forma de ondas *longitudinales*.
   (a) Qué es lo que se propaga y qué significa ser longitudinal?
   (b) Sabiendo que $c_s = 340$m/s (respecto de qué?), calcule el rango de longitudes de ondas asociado al rango audible (20 Hz – 20 KHz).
   (c) Para una onda acústica de $\lambda = 500$ nm determinar: el número de onda, la frecuencia espacial, la frecuencia temporal y el período temporal (cuál es el período espacial?). Es audible esa onda?
   (d) Para comprender la forma en que se propaga el sonido en un teatro ($L \approx 50$ m), se puede utilizar "acústica geométrica"?

2. **Ondas electromagnéticas**: son ondas *transversales* y se propagan en el vacío con $c = 2.9979\ 10^8$ nm (respecto de qué?). Para las cuentas considere $c = 3\ 10^8$ m/s. El siguiente gráfico representa el espectro electromagnético:

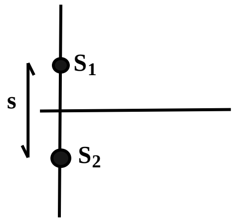


   (a) Qué es lo que se propaga y qué significa ser transversal?
   (b) Calcule el tiempo de onda asociada a radio Mitre (790 kHz). Calcule el número de onda, la frecuencia espacial, la frecuencia temporal y angular y el período temporal. Cuál es el período espacial?
   (c) Idem (b) para "la 100".
   (d) Calcule el rango de frecuencias que corresponden al espectro visible si aproxima que las longitudes de onda asociadas a dicho espectro están entre 400 nm y 800 nm. Cuáles serían los rangos equivalentes para el visible en un vidrio de índice 1.8?

3. **Superposición de ondas escalares unidimensionales**. Demuestre que la suma de dos ondas armónicas escalares de la misma frecuencia ω ($\varphi_1 = \mathrm{A}_1 \cos(kx - \omega t + \varphi_1)$ y $\varphi_2 = \mathrm{A}_2 \cos(kx - \omega t + \varphi_2)$), que se propagan en la misma dirección da lugar a otra onda armónica ($\varphi_R = \varphi_1 + \varphi_2 = \mathrm{A_R} \cos(kx - \omega t + \varphi_R)$) de igual frecuencia que se propaga en la misma dirección que las dadas y cuya amplitud y frecuencia están dadas por:

$$\tan(\varphi_R) = \frac{A_1 \sin(\varphi_1) + A_2 \sin(\varphi_2)}{A_1 \cos(\varphi_1) + A_2 \cos(\varphi_2)} \quad y \quad A_R^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_1 - \varphi_2).$$

4. Considere dos fuentes puntuales monocromáticas que emiten en la misma frecuencia, con una diferencia de fase $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, y que se hallan separadas entre sí una distancia s.



   (a) Calcule la perturbación total en una zona muy alejada de las fuentes, próxima a la dirección de la recta que las une. Suponga que ambas fuentes emiten con igual amplitud. Qué figura se observa en una pantalla perpendicular a dicha dirección? Cómo debe ser s respecto de λ para que sea cierto el planteo?

   (b) Idem (a) pero en la dirección perpendicular a la recta que las une.

   (c) En el entorno de las fuentes, qué figura geométrica forman los puntos con igual diferencia de fases? Verifique si este resultado es consistente con lo establecido en los casos límites. Analice qué hipótesis subyacen en el tratamiento realizado en cuanto a polarización respecta.

5. En una experiencia de interferencia inciden en un dado punto del espacio dos ondas coherentes dadas por: $\mathrm{E}_1 = \mathrm{E}_{01} \cos(kz - \omega t)\hat{e}_x$ y $\mathrm{E}_2 = \mathrm{E}_{02} \cos(kz - \omega t + \varphi)\hat{e}_x$.

   (a) Considerando que el origen de coordenadas de z coincide con el punto donde inciden las dos ondas, grafique la componente x del campo total ($\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$) en función de ωt para los siguientes casos:

      i. $\varphi = 0$ y $3\mathrm{E}_{01} = \mathrm{E}_{02}$
      ii. $\varphi = \pi/2$ y $\mathrm{E}_{01} = \mathrm{E}_{02}$
      iii. $\varphi = \pi$ y $\mathrm{E}_{01} = \mathrm{E}_{02}$
      iv. $\varphi = \pi$ y $3\mathrm{E}_{01} = \mathrm{E}_{02}$

   (b) Sabiendo que la intensidad media en un punto dado del espacio está dada por:

$$< I > \propto \frac{1}{N\tau} \int_0^{\tau} |\vec{E}_T|^2 dt$$

   donde N es un número entero y τ es el período temporal de la onda, calcule la intensidad media en $z = 0$ para los casos dados en (a). Recordar que: $\int_0^{2\pi} \sin(x)dx = 0$; $\int_0^{2\pi} \cos(x)dx = 0$; $\int_0^{2\pi} \sin(x)\cos(x)dx = 0$; $\int_0^{2\pi} \sin(x)^2 dx = \int_0^{2\pi} \cos(x)^2 dx = \pi$.

6. Cuando las ondas luminosas a las que hace referencia el problema anterior son incoherentes, lo que cambia es que φ en lugar de ser constante varía en forma aleatoria. Para el visible esta variación se produce en tiempos inferiores a los 10^{-9} s. Demuestre que la intensidad promedio

para la superposición de ondas incoherentes en el visible ($\tau \approx 2\ 10^{-15}\ s$), en un tiempo de 1 s es:

$$I_T \propto (E_{01}^2 + E_{02}^2) \propto I_1 + I_2.$$

Sugerencia: Divida el tiempo total en intervalos en los cuales se mantenga constante. Aplique en ellos el inciso (b) del problema anterior. Recuerde que $\cos(\varphi)$ toma valores positivos y negativos con igual probabilidad y que hay del orden de 10^9 integrales que promediar.

7. Indique en los siguientes casos, si la interferencia resulta detectable por el ojo humano:
   (a) Luz proveniente de dos puntos de un único tubo fluorescente ($T_c = 10^{-14}\ s$).
   (b) Luz proveniente de un único punto de un tubo fluorescente, cuya diferencia de caminos sea de 1 cm.
   (c) Idem (b) pero donde la diferencia es de 0.1 μm.
   (d) Luz proveniente de dos láseres de iguales características.

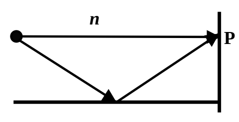
8. Sea una fuente monocromática ($\lambda = 550$ nm), y un dispositivo de Young de las siguientes características: distancia entre ranuras $s = 3.3$ mm y distancia ranuras-pantalla $L = 3$ m.
   (a) Calcule la interfranja (Δ_i).
   (b) Delante de una de las ranuras se coloca un semicilindro de vidrio de 0.01 mm de radio. Determinar el sentido del desplazamiento de las franjas y la ecuación que da la expresión para dicho desplazamiento.
   (c) Sabiendo que las franjas se han desplazado 4.73 mm, dar el valor del índice de refracción del vidrio. Puede detectar dicho corrimiento con una fuente monocromática? Y con una policromática?

9. (a) Cómo cambia el experimento de Young si la fuente luminosa no está simétricamente situada respecto de la ranura, o si por algún motivo, las ondas que llegan a las mismas tienen un cierto desfazaje? Cómo puede detectar dicho corrimiento?
   (b) Cómo se modifica la figura de interferencia si el dispositivo de Young se encuentra inmerso en un medio de índice 1.5? Cómo y cuánto se debería mover la pantalla para mantener el valor de la interfranja?

10. (a) Un biprisma de Fresnel de índice de refracción 1.5 se encuentra a 1 cm de una fuente puntual monocromática que emite en $\lambda = 589$ nm. El ángulo del biprisma es $\alpha = 4°$. Calcular la interfranja sobre una pantalla ubicada a 2 m del biprisma. Sabiendo que el mínimo ángulo de resolución del ojo es de 3 10^{-4} radianes, que su mínima distancia de acomodación es 25 cm, diga si las franjas pueden ser observables a ojo desnudo.
    (b) Idem (a) cuando el sistema se sumerge en agua $n = 1.3$.

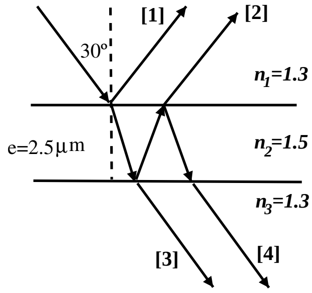
11. (a) En un espejo de Loyd, la pantalla (perpendicular al espejo) se encuentra a 12 m de la fuente y el espejo a 1 mm de ella. La fuente puntual emite $\lambda = 520$ nm.

    Calcule los posibles valores del índice de refracción del medio circundante para que en el punto P exista un mínimo de intensidad.



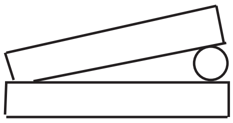
(b) Se deja el dispositivo en aire y se intercala en el camino del rayo que une la fuente con P (sin reflejarse en el espejo) una lámina de caras paralelas de índice de refracción 1.5. Determine el espesor de la placa para que en P se encuentre el máximo de interferencia de orden 0.

12. Sea una lámina de caras paralelas de la figura. Calcule para qué longitudes de onda, en el rango visible, los rayos [1] y [2] interfieren constructivamente. Cuando esto sucede, qué pasa con los rayos [3] y [4]? Calcule un valor del índice externo para que la interferencia de los rayos [1] y [2] sea destructiva.



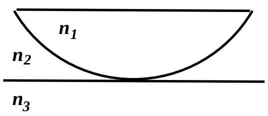
13. Sobre una lámina de vidrio de 0.4 mm de espesor e índice 1.5 incide normalmente una onda plana policromática. Calcule para qué longitudes de onda el haz reflejado tiene máximo de intensidad y para cuáles tiene mínimos. Rango visible: 400 nm – 790 nm.

14. (a) Una cuña de aire es iluminada con un haz plano de longitud de onda $\lambda = 500$ nm, de tal forma que la luz incide normalmente a la cara inferior. Al observar por reflexión se observan franjas de interferencia paralelas, cuya distancia entre mínimos es de 1 mm. Describir una cuña.



(b) Se llena la cuña con un líquido de índice 1.25. Analice cómo se modifica el sistema de franjas de interferencia.

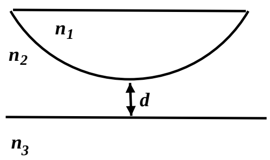
15. Se observan anillos de Newton con incidencia normal a la superficie inferior a la cavidad. El índice de refracción de la lente es n_1, el de la lámina de vidrio es n_3 y el del líquido que ocupa el espacio entre la lente y el plano, n_2, es intermedio entre los dos anteriores.



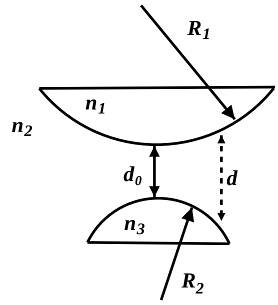
(a) Son oscuros o brillantes los centros de los respectivos sistemas de anillos observados por transmisión y por reflexión?

(b) El líquido tiene un índice de $n_2 = 1.59$. Se observa por reflexión. El radio del anillo 5 es 2 mm, ($\lambda = 590$ nm). Cuál es el radio de curvatura de la lente?

16. Con el dispositivo de la figura se observan anillos de Newton por reflexión. Es oscuro o claro el centro de la figura de interferencia? Cuál es el radio del tercer anillo brillante? Qué sucede con los anillos para un ligerísimo desplazamiento hacia arriba de la lente: convergen hacia el centro o se alejan de este? Por qué? Datos: R = 1 m, d = 0.013 mm, $\lambda = 500$ nm, $n_1 = 1.50$, $n_2 = 1.30$, y $n_3 = 1.40$.



17. El dispositivo de anillos de Newton se modifica según muestra la figura.



(a) Para qué valores de d_0 el centro del sistema de anillos corresponde a un máximo por reflexión?

(b) Encuentre el mínimo valor de d_0 para que el centro del sistema de anillos, observado por reflexión, corresponda a un mínimo.

Datos: $n_1 = 1.6,\ n_2 = 1.5,\ n_3 = 1.4,\ \lambda = 500$ nm.