

Física II

Aperturas circulares (y los límites de la resolución)

Problema 1.- El telescopio espacial Hubble tiene un espejo de 2.4 metros de diámetro.

(a) Calcular la máxima resolución angular.

Tomar la longitud de onda de luz visible como $\lambda = 550nm$

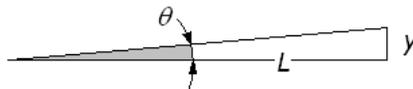
(b) Conociendo la resolución angular estimar la separación mínima entre dos fuentes de luz que se pueden distinguir a una milla del telescopio. 1 milla es 1609 m.

Solución: La resolución para una apertura circular es:

$$\theta = \sin^{-1}\left(1.22 \frac{\lambda}{D}\right) = \sin^{-1}\left(1.22 \frac{550nm}{2.4}\right) = \mathbf{1.6 \times 10^{-6} \text{ grados}}$$

Para la distancia entre las fuentes de luz usamos trigonometría:

$$y = L \tan \theta = 1609 \tan(1.6 \times 10^{-6}) = \mathbf{0.44 \text{ mm}}$$



Problema 2.- Una cámara de paparazzo tiene un lente objetivo de 12cm de diámetro.

a) Calcular el mínimo ángulo entre dos puntos que aún se pueden distinguir en la imagen. Considerar la longitud de onda $\lambda = 533nm$

b) Conociendo el ángulo mínimo y que la distancia a la cámara es 150m, ¿Qué tan cerca pueden estar los dos puntos para distinguirlos?

Solución:

$$\text{a) } \sin \theta = \frac{1.22 \lambda}{\text{Diámetro}} = \frac{1.22 \times 533 \times 10^{-9}}{0.12}$$

$$= 5.42 \times 10^{-6} \rightarrow \theta = 3.1 \times 10^{-4} \text{ grados}$$

$$\text{b) } x = L \sin \theta = 150 \times 5.42 \times 10^{-6} = 0.8 \text{ mm}$$

Problema 3.- Un telescopio de 10 pulgadas de diámetro es anunciado con una óptica limitada por difracción, que significa que la limitación en la nitidez proviene solo del efecto de difracción y no en las tolerancias u otros detalles de manufactura.

Asumiendo que el aviso es correcto; determinar el ángulo mínimo de separación entre estrellas dobles que se pueden distinguir con el instrumento. Tomar la longitud de onda de la luz como 600 nm.

1 pulgada = 0.0254 m

Solución: El criterio para distinguir las estrellas es que su separación sea mayor al de un disco de Airy:

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{1.22\lambda}{D}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1.22 \times 600 \times 10^{-6}}{10 \times 0.0254}\right) = \mathbf{0.00017^\circ}$$

Problema 4.- ¿Por qué se observa un punto brillante en el centro de las sombras circulares?

Solución: Ese punto brillante es llamado el punto de Poisson. Puede ser difícil de percibir, pero tiene una explicación fascinante. Jugó un rol importante en avanzar la teoría de propiedades de onda de la luz.

La luz de cualquier punto del borde de un círculo opaco cubre la misma distancia al centro de su sombra y por ello producen interferencia constructiva y así el punto brillante.

Problema 5.- Calcular el diámetro mínimo de un telescopio que te permita resolver la separación entre Plutón y su luna Caronte, sabiendo que la separación angular desde la Tierra es 0.000153° en el momento de la observación.

Asumir condiciones ideales de observación, con lentes solo limitados por difracción y longitud de onda de 600nm.

Solución: El límite por difracción es $\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{D}$, así que el diámetro necesario es

$$D = \frac{1.22\lambda}{\sin \theta}$$

$$\text{Para el ángulo dado } D = \frac{1.22 \times 600 \text{ nm}}{\sin 0.000153^\circ} = \mathbf{0.27 \text{ m}}$$

En realidad, es necesario un telescopio más grande porque las condiciones no son ideales y porque la ecuación no da un buen estimado con fuentes de luz de diferentes intensidades (Caronte se ve menos brillante que Plutón).