

Reproducción del punto de Poisson

Pérez Cortés M.¹, Martínez González D.¹, González Menendez J. A.¹.

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2010 – fecha de aprobación: 22 de noviembre de 2011

Resumen. El comportamiento de la luz, como se conoce en la actualidad, es dual; esto quiere decir que la luz se comporta como onda y a la vez como partícula. Fue Einstein quien paró la discusión del comportamiento de la luz que duró por siglos. Newton fue el primero que encontró que la luz se comportaba como partícula, y que ésta seguía en línea recta hasta encontrar un obstáculo. Muchos científicos aceptaron y defendieron esta postura, pero hubo otros científicos, como Sir Young que observó que la luz se comportaba como onda mediante su famoso experimento de interferencia, el cual lleva su nombre. En el siglo XIX, los físicos teóricos defensores de la teoría corpuscular de la luz prepararon un concurso con el objetivo de encontrar una teoría que diera la estocada final a los que defendieran la teoría ondulatoria. Después de evaluar a los dos únicos concursantes, se realizó un solo arreglo experimental, dirigido por François Joan Domènec Arago, para demostrar la supuesta invalidez de la teoría de la difracción de Augustin-Jean Fresnel. Poisson, al revisar el trabajo presentado por Fresnel, encontró que la teoría implicaba un punto luminoso justo donde debería aparecer la generación de una sombra de un objeto pequeño, lo cual no era congruente para él. En este trabajo se muestra una variante en el diseño experimental que presentó Arago que hace de fácil reproducción la obtención del punto de Poisson.

Palabras Clave: Poisson, Arago, Fresnel, difracción.

Poisson's dot reproduction

Abstract. The light behavior as known today, is dual, this means that light behaves as a wave and also as a particle. Einstein was who stopped the discussion of the light behavior that remained for centuries. Newton was the first who found that light behaved as a particle, and it continued in a straight line until it finds an obstacle. Many scientists accept and defend this position, but other scientists, like Sir Young who noted that light behaved like a wave through his famous interference experiment, which bears his name. In the nineteenth century, corpuscular light theory defenders carried out a competition with the goal of finding a theory to give the final blow to the wave theory. After evaluating the only two competitors, it was performed a single experimental setup made by François Arago Joan Domènec to prove the alleged invalidity of the Augustin-Jean Fresnel diffraction theory. When Poisson reviewed the work presented by Fresnel found that the theory implied a bright spot right where it should appear the shadow of a small object, which was not consistent for him. This work shows a variation in the experimental design presented by Arago that makes an easy task obtaining the Poisson's point.

Keywords: Poisson, Arago, Fresnel, diffraction.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. mperez.cortes@uady.mx

1. INTRODUCCIÓN

La difracción es un fenómeno de la naturaleza ocasionada por la luz, quizá muchas veces nos hemos topado con ella: probablemente en las sombras producidas por las hojas de los árboles que son iluminadas por la luz del sol o cuando la luz incide en un objeto, envolviendo a éste y observamos su sombra en una pared o pantalla.

La difracción ha sido analizada y observada desde hace mucho tiempo, y durante el siglo XIX los científicos empezaron a tomarle con seriedad debido a la incesante necesidad de demostrar que la luz tenía un comportamiento ondulatorio. Actualmente, la difracción ocupa un lugar importante en el desarrollo de nuevas tecnologías, está presente en el funcionamiento de los CDs, DVDs, Blue Rays, Hologramas, Sistemas de Almacenamiento de Datos, Sistemas de Comunicación Óptico, Multiplexores, LCDs, etc.

El estudio de la difracción se realiza por medio de dos técnicas, una de ellas debe considerar el análisis de un fenómeno de difracción cuando la imagen del patrón que se observa está bastante lejos del objeto que la produce, llamado campo lejano (o difracción de Fraunhofer); la otra técnica, se emplea cuando la imagen del patrón está ubicada más cerca del objeto que la produce y se le conoce como difracción de campo cercano (o difracción de Fresnel) (Hecht 2000).

Este trabajo consiste en una breve reseña de un acontecimiento que se presentó en un concurso realizado en Francia, en el siglo XIX.

En 1817 la Academia Francesa ofreció un premio para quien pudiera aportar el mejor estudio experimental sobre la difracción y lo apoyara en un modelo teórico con el que pudiera explicar en que consistía el fenómeno. Los trabajos presentados tenían que superar un obstáculo bastante considerable: era un modelo ondulatorio y los tres jueces que decidían en este concurso “el matemático Siméon-Denis Poisson (1781-1840), el físico Jean –Baptiste Biot (1774-1862) y el matemático y astrónomo Pierre-Simon Laplace”, eran todos ellos Newtonianos declarados y por consiguiente preferían el modelo corpuscular. Sus esfuerzos se centraron en buscar algún fallo en el modelo de Fresnel, y Poisson, que era un magnífico matemático, creyó haber encontrado uno. Calculó que, según el modelo ondulatorio de la luz de Fresnel, si un pequeño objeto redondo (como un balón de plomo) se sitúa en el haz de un camino luminoso, la luz que se desvía rodeando el objeto produciría un punto brillante exactamente detrás de dicho objeto, donde, según el sentido común, tendríamos

que estar la sombra más oscura. Esto le pareció a Poisson tan absurdo como les había parecido a los británicos contrarios al trabajo de Young la idea de que al superponer dos haces de luz se podría producir la oscuridad total. Pero los cálculos no tenían nada de ambiguos. Como el propio Poisson escribió:

“Hagamos que unos haces luminosos paralelos incidan sobre un disco opaco, siendo el entorno del disco perfectamente transparente. El disco proyecte una sombra, pero el centro de esta sombra será un punto luminoso. Para decirlo concisamente, no hay oscuridad en lugar alguno a lo largo de la perpendicular central en la parte posterior de un disco opaco (excepto inmediatamente detrás del disco). De hecho, la intensidad de la luz crece continuamente a partir de cero desde el punto situado inmediatamente detrás del fino disco. A una distancia medida detrás del disco que sea igual al diámetro de éste, la intensidad es ya un 80 por 100 de lo que sería si no estuviera el disco. Por consiguiente, la intensidad crece más lentamente, acercándose al 100 por 100 de lo que sería si el disco no estuviera presente.” (Gribbin & Gribbin 2006).

Para reproducir el mismo acto de demostración se realiza la reproducción del punto de Poisson, un punto brillante en el centro de la sombra de un objeto circular obstruyendo un haz luminoso, mediante la utilización de objetos caseros. La aparición de un punto de luz dentro de la sombra producida por un objeto sólido, justo donde uno no esperaría iluminación, puede probarse por medio de la naturaleza ondulatoria de la luz. Esto es lo que demostró Poisson, por lo cual dijo que no podía ser y que el trabajo presentado por Fresnel era incorrecto.

2. TEORÍA

Antes de 1800, la teoría corpuscular de Newton, que describe la luz como una composición de partículas que están sujetas a fuerzas atractivas y repulsivas, fue la única teoría aceptada. Por lo que algunos contemporáneos de Newton contemplaban la naturaleza de la luz y la manera en la cual los objetos luminosos producen la sensación de la luz y color, y pensaban que la luz viajaba como una onda a través de algún medio desconocido.

El científico alemán Christian Huygens fue quien en 1687 propuso por primera vez un buen razonamiento de la teoría ondulatoria de la luz, cuya hipótesis consistía en que la luz se propagaba en una creación de forma ondulatoria, semejante a las ondas en la superficie del agua, y a través de un medio que él llamaba *luminiferous ether*. Él propuso que como un frente de onda esférica se expande a través del éter y

alrededor de una fuente puntual, y un gran número de ondas esféricas pequeñas, o wavelets, forman en cada punto un nuevo frente de onda y así, la onda completa avanza, pero lamentablemente no había evidencia experimental, por lo que la teoría de Huygens no convenía a los que aceptaban la teoría corpuscular.

La comprobación de la teoría de Huygens se realizó en 1801 por Thomas Young, cuyo experimento de doble rendija demostró que en ciertos puntos dentro de la vecindad de dos fuentes de luz cuasi-coherentes producen franjas brillantes y oscuras, produciendo un patrón de interferencia observable, demostrando así, que este fenómeno sólo puede ser explicado por la teoría ondulatoria de la luz.

El físico francés Augustin Fresnel participó en el concurso convocado por la Academia Francesa. El obtuvo el primer lugar con un escrito científico sobre la teoría de la difracción. Los jueces, como buenos científicos, en la mejor tradición Newtoniana, junto con el presidente del jurado, constituido para supervisar el concurso, el físico Francois Arago (1786- 1853), organizaron un experimento con el que comprobarían la predicción propuesta. El punto luminoso que se había pronosticado apareció exactamente donde Poisson, basándose en el modelo de Fresnel, había dicho que estaría. En marzo de 1819, Arago comunicó lo siguiente al Consejo de la Academia de Ciencias: *“La conclusión ha sido sometida a la prueba del experimento directo y la observación ha confirmado perfectamente los cálculos.”* (Gribbin & Gribbin 2006). También como resultado de este concurso recibió el título de Mémoire Couronné por haber dado origen a un debate interesante con un jurado bastante formidable y estricto. (Hetch 2000).

En la actualidad, la difracción de Fresnel o difracción de campo cercano, cuenta con algunas aplicaciones a diferencia de la difracción de campo lejano, o difracción de Fraunhofer. La teoría se centra en la propagación de la luz de una fuente puntual (Figura 1), y su descripción se basa en la teoría escalar de la difracción (Goodman 1996). El modelo matemático se puede encontrar en la misma referencia.

3. EXPERIMENTO Y RESULTADOS

El experimento que se presenta se basa en la utilización de un pinhole a diferencia de un objetivo de microscopio (Harrison et al. 1997), este pinhole se

costruye con la tapa o pestaña de una lata de refrescos, la cual es removida de él. Posteriormente, con un alfiler, al cual se le ha afinado la punta, se coloca en medio de la pestaña y se le da golpecitos con un martillo, cuidando no excederse en ello; el tamaño del orificio no debe sobrepasar más de un milímetro de diámetro. Como fuente de luz, se puede utilizar un láser de llavero, fácil de conseguir; como objeto circular, se puede utilizar algún pendiente de joyería de fantasía, canica, etc. El arreglo y el diseño del sistema se muestran en la Figura 2.

Cabe mencionar que estamos utilizando los dos tipos de difracción para la realización de este experimento: la difracción de Fraunhofer está presente en la utilización del pinhole, este mecanismo hace que el sistema de frente de ondas cuasi-planas, que provienen del láser, al interaccionar con el pinhole se conviertan en ondas esféricas (se expande) debido a la difracción. El patrón que se observa se muestra en la Figura 3. El objeto circular se coloca justo en la parte central de la expansión. Hay que mover el objeto a lo largo del eje óptico, hasta dar con el patrón mostrado en la Figura 1; es una aplicación de ensayo y error.

El montaje del sistema (Figura 4) para realizar el experimento del punto de Poisson no necesita una alineación precisa. Se utiliza una lente convergente para poder concentrar la mayor cantidad de energía en el pinhole con el propósito de obtener una mejor iluminación en la esfera y que la pantalla de observación esté lo más nítida posible para capturar la imagen fotográfica. La distancia del láser ($\lambda=630$ nm) al pinhole es de 50 cm, aunque esto no es de importancia ya que dicha distancia no repercute en el experimento. La distancia del pinhole hacia la esfera es de 1 m aproximadamente. La pantalla de observación se colocó a 1.85 m de la esfera. Las imágenes se capturaron por medio de una cámara Nikon D60.

Se manejaron diversos tiempos de exposición para obtener la mejor imagen; éstos estaban ubicados en el intervalo de 2 s hasta 1/32 s. Sólo se presentan 2 imágenes donde se observa el punto de Poisson de forma nítida (Figuras 5 y 6). En la Figura 5, se presenta una sobre exposición para la observación del punto. Se puede observar la formación de los patrones de difracción de la cuerda que sostiene la esfera y las líneas que conforman el punto central.

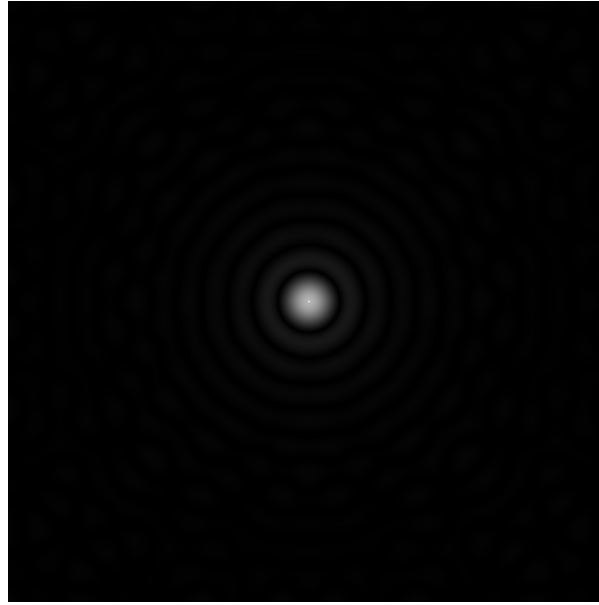


Figura 1. Simulación del punto de Poisson. Puede observarse el punto brillante en el centro de la imagen.

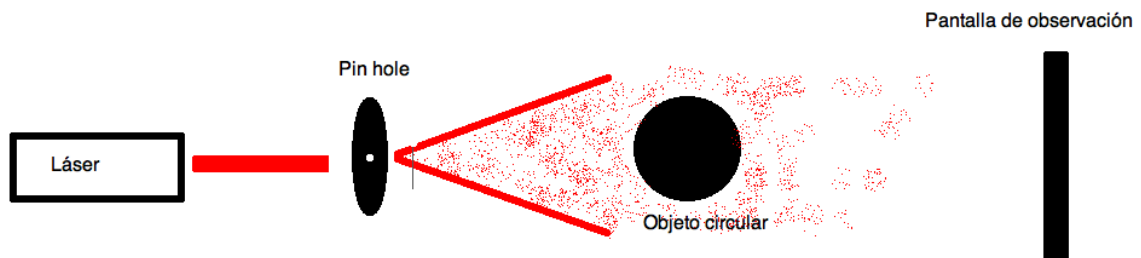


Figura 2. Esquema del montaje del experimento para observar el punto de Poisson.

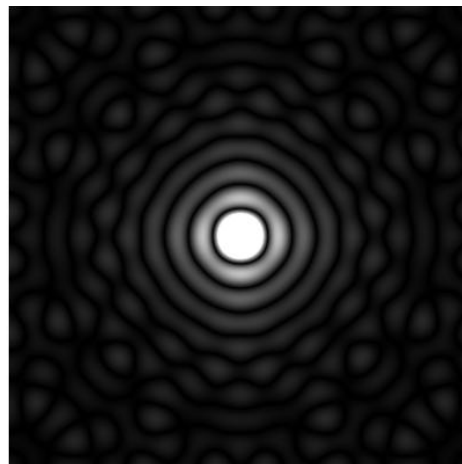


Figura 3. Difracción de Fraunhofer para una abertura circular (pinhole).

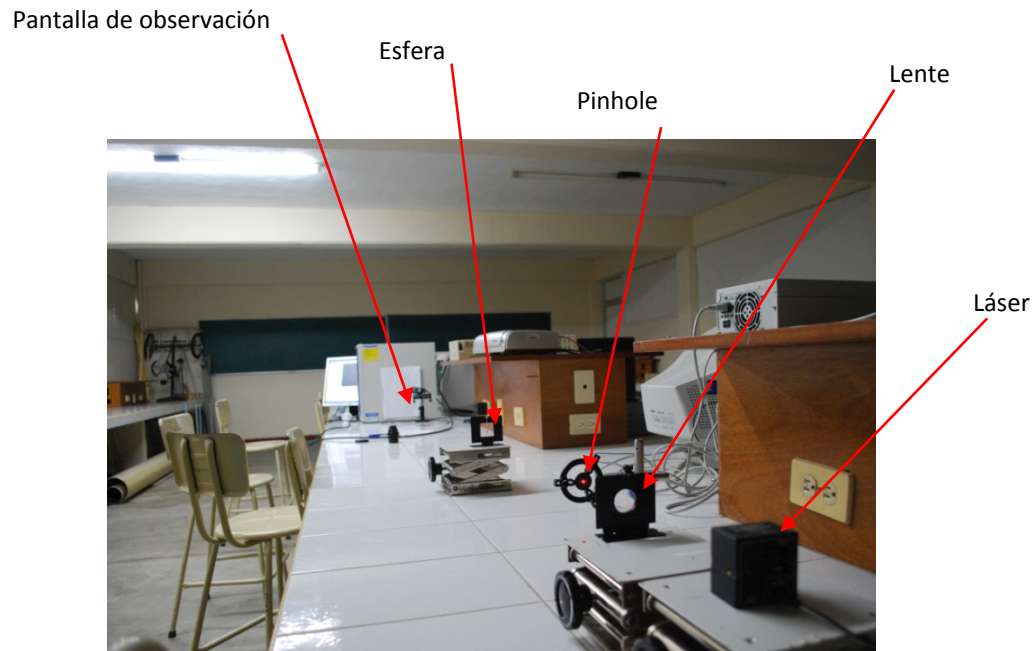


Figura 4. Instalación del sistema para obtener el punto de Poisson.

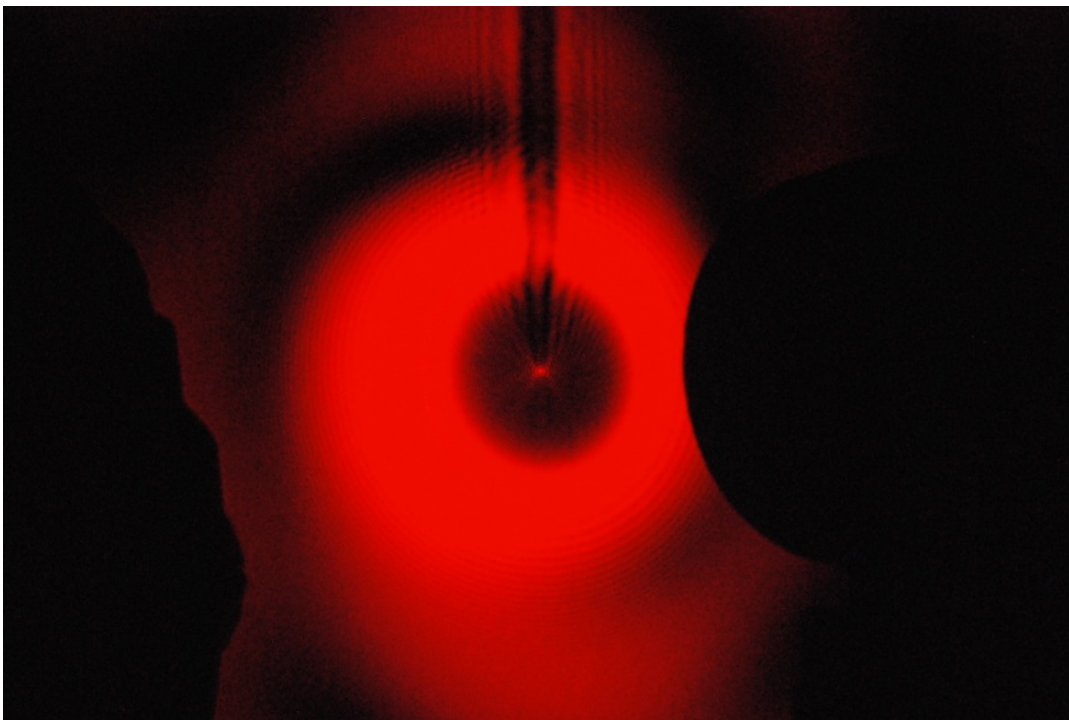


Figura 5. Sobre exposición para la observación del punto de Poisson.

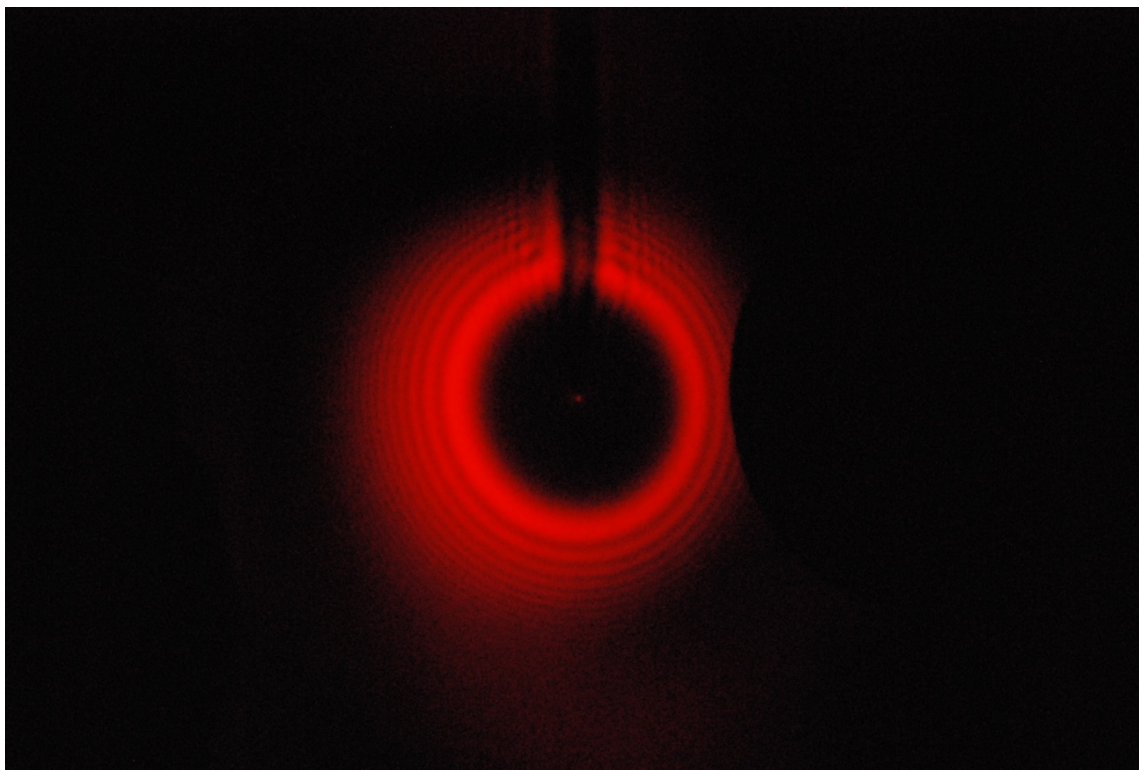


Figura 6. Punto de Poisson.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo trata de reivindicar el tratado que presentó Fresnel en su momento, sobre todo, el experimento que realizó Árago para validar la teoría de la difracción. El experimento que se realizó en este trabajo fue muy sencillo, disponiendo de los recursos de la actualidad que son de fácil adquisición, a

diferencia, probablemente, de Dominique F. Árago. Se ha simplificado el proceso del sistema incluyendo en esta última una micro-abertura (en lugar de un objetivo de microscopio), puesto que funciona como una lente positiva y realiza el proceso de amplificación y filtraje por difracción.

5. REFERENCIAS

Goodman J., *Introduction to Fourier Optics*, Mc. Graw Hill, 2nd edit., USA, 1996.

Gribbin J. & Gribbin Mary, *Science. A History*, 1543 – 2001, Ed. Crítica, S.L., 2006.

Harrison M. E., Marek C. T. y White J. D., *Rediscovering Poisson's Spot*, The Physics Teacher, Vol. 35, Jan. 1997.

Hecht E., *Óptica*, Addison Wesley, 3ra. Ed., Madrid, 2000.

Este documento debe citarse como:

Pérez Cortés M., Martínez González D., González Menendez J. A. (2011). **Reproducción del punto de Poisson.** Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 15-3, pp 189-194, ISSN: 1665-529-X.