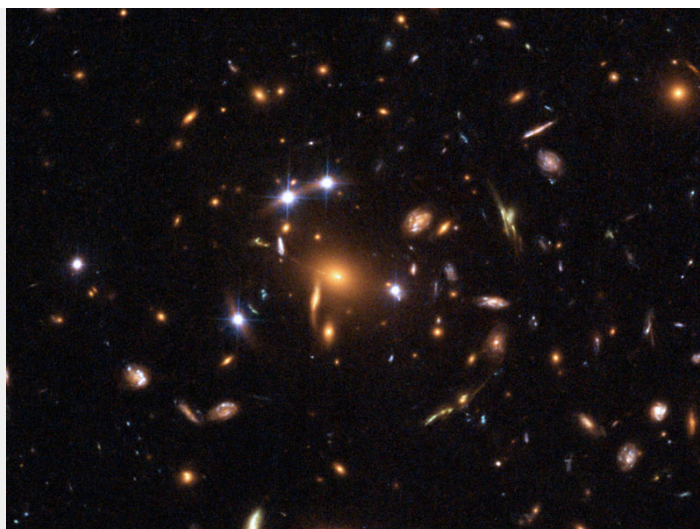


LAS BROMAS DE LA LUZ

Posted on 17 mayo, 2015 by Rosa María Herrera



Los espejismos terrestres, por ejemplo los que se producen en los desiertos, se explican mediante propiedades geométricas de la luz en las superficies de contacto de diferentes medios con los cuales la luz interactúa...

Categories: [Año internacional de la luz](#), [Ciencia](#)

Tags: [Ciencias Exactas](#), [Física](#)



Los espejismos terrestres, por ejemplo los que se producen en los desiertos, se explican mediante propiedades geométricas de la luz en las superficies de contacto de diferentes medios con los cuales la luz interactúa (la más importante es la propiedad de refracción).

Al refractarse (al pasar de un medio a otro), la luz cambia de trayectoria. En muchos materiales sólidos y líquidos la luz se mueve a menor velocidad que en el vacío, cuanto más traslúcido sea el

medio, la velocidad de la luz es mayor y cuanto más opaco menor. En estos medios el índice de refracción es mayor que 1; $n > 1$ (n es igual al cociente de dos velocidades: la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio en cuestión. Por ejemplo, el índice de refracción del agua es 1.3, el del diamante 2.4). Por eso en un medio no homogéneo los rayos de luz cambian continuamente su trayectoria.

En otros materiales, generalmente en los gases, vemos que el índice de refracción depende de la temperatura y su valor es ligeramente mayor a 1. Esto produce un efecto sorprendente, la curvatura de la luz y los espejismos.

En general se forman dos tipos principales de espejismos:

1. Los espejismos superiores, que ocurren en las capas de la atmósfera donde se produce una inversión térmica (las capas de aire frío quedan por debajo del aire caliente), la imagen queda siempre por encima del objeto real y del observador.
2. Los espejismos inferiores, originados en las zonas calientes de aire que se hallan pegadas a la superficie terrestre (y producen el efecto de que el aire caliente quede más abajo que el aire frío). En estos casos, la imagen resultante en el espejismo también se ve invertida por debajo del objeto real y del observador. Este es el caso de los espejismos en los que una carretera parece estar llena de agua, que en realidad es el cielo.



Los espejismos terrestres, por ejemplo los que se producen en los desiertos, se explican mediante propiedades geométricas de la luz en las superficies de contacto de diferentes medios con los cuales la luz interactúa...

En el mundo interestelar los efectos son similares, por eso encontramos que está lleno de sorpresas debidas tanto a las propiedades geométricas de la luz señaladas como a su naturaleza electromagnética y su interacción con la materia. Aunque de estas relaciones se ocupa la mecánica cuántica. Maxwell (1831-1879) unificó los fenómenos eléctricos y magnéticos y estableció, mediante sus célebres ecuaciones, que cualquier perturbación de una distribución de cargas, corrientes e imanes se propaga a través del espacio en forma de onda (a la velocidad de la luz en el vacío), y éste es el importante nexo inicial entre las cargas constitutivas de la materia y la radiación.

En ese sentido, al igual que en la Tierra, en el cosmos se producen con frecuencia fenómenos inesperados (o sorprendentes) que inicialmente nos llevan a un engaño, de modo similar al que nos producen los espejismos terrestres; pero en una mirada más serena y profunda constituyen simultáneamente una importante fuente de información sobre el cosmos...

El palacio de los espejismos

El abad astrónomo G. Lemaître (1894-1966) denominó al cosmos *palace des mirages*. Esta bonita metáfora que evoca brillantez, belleza enriquecedora y majestuosa, nos lleva a imaginar un universo hermoso, plagado de "trampas" elegantes que nos confunden.

El fenómeno de los espejismos se produce porque la luz procedente de los astros, galaxias y objetos más lejanos; en su "viaje" se ve obligada a realizar toda clase de desvíos, distorsiones y descomposiciones originados por los cuerpos y sustancias (visibles o "invisibles") que deforman el espacio-tiempo.



Figura 2. Espejismos gravitacionales. Nasa

Por otra parte, para comprender sucesos lejanos o los fenómenos que se producen en los confines del cosmos, necesitamos conocer la información proveniente de ellos, y dicha información viene proporcionada por la radiación electromagnética, en particular por la luz visible. Esa pequeña parte del espectro electromagnético es, sin embargo, una de nuestras más valiosas fuentes de información astronómica general.

Interpretación de los "camino" de la luz

Los astrofísicos van poco a poco discerniendo lo verdadero de lo falso en la información sobre el universo que se obtiene a partir de descifrar los "espejismos de la luz". El difícil acceso a observaciones no deformadas e ilusiones ópticas hace que el trabajo sea lento.

La evolución del estudio general del espectro electromagnético, y en particular la luz, nos ha enseñado que "aceptar" sin decodificar la información que se obtiene directamente al mirar el cielo nocturno está llena de errores. Es como dar por fidedignas, sin más, a las percepciones visuales que los espejismos muestran al viajero que atraviesa el desierto u otros lugares que ofrecen ilusiones ópticas similares. La vía directa de observación requiere de interpretación y análisis.

Pero precisamente estas trampas ópticas, estos engaños luminosos, nos "alumbran" para conocer y entender, y esa es la maravilla principal de este hermoso palacio encantado. La naturaleza nos muestra, de este modo, tanto lo que es la luz como lo que son los astros y los materiales estelares que ésta puede interceptar.

No obstante debemos considerar que quizá este conocimiento cada más perfeccionado, que irá permitiendo discernir las percepciones correctas de las incorrectas, signifique cambiar algunas de las interpretaciones más arraigadas de la física.



Figura 3. Anillos gravitacionales de Einstein. NASA

Las ilusiones ópticas del cielo

La observación de la luz procedente de los objetos más distantes de nuestra posición nos proporciona mayores ilusiones ópticas. Y el magnífico espectáculo del cielo nocturno muchas veces está lleno de fenómenos sorprendentes.

Una de las concepciones científicas importantes del siglo XX fue la relatividad general de Einstein (1879-1955) que modificó la idea clásica de fotón. Este hecho propició un gran avance al renovar la idea de que la materia intercepta la luz, es decir, que la trayectoria que sigue la radiación luminosa se ve modificada, de manera análoga a un objeto material que se ve obligado a seguir las rugosidades de la pendiente por la que se desplaza.

Esta visión relativista de la deformación es muy interesante, porque lleva a la idea de que no existe en la representación del universo nada absoluto ni independiente (al modo newtoniano-galileano), o expresado de otro modo: la luz debe tener en cuenta a la materia y el espacio debe considerar al tiempo (y a la inversa).

Se trata de un asunto delicado y bonito que lleva a reflexionar del siguiente modo:

la gravitación, que es la responsable de mantener a gran escala la masa unida entre sí, forzosamente influye sobre la luz y es origen de deformaciones.

La gravitación, que es la responsable de mantener a gran escala la masa unida entre sí, forzosamente influye sobre la luz y es origen de deformaciones.

Newton (1642/3-1727) ya pensaba en esta línea, aunque en el marco de su visión corpuscular de la luz, pues consideraba que los fotones, en la proximidad de un cuerpo masivo, se podían desviar. La concepción ondulatoria de la luz, que cobró impulso debido al experimento realizado en 1803 por

Young, desechó esta idea de la desviación en principio incompatible con las propiedades de las ondas. Pero Einstein la retomó y le dio nueva forma. Claro está que constatar estos hechos construidos teóricamente mediante la observación es muy complicado, y se precisan muchas condiciones ambientales y empíricas difíciles de conseguir.

Las lentes gravitacionales

La relatividad general es un marco en que nos aparece un concepto de valor explicativo muy interesante, el de lente gravitacional.



Figura 4. Quásar, lentes gravitacionales.
SDSS

Los espejismos producidos por los efectos gravitacionales no tienen únicamente carácter deformador por distorsión, sino que también actúan como amplificadores y como multiplicadores de imágenes. Las lentes gravitacionales producen sobre los fotones un efecto similar al de las lentes de vidrio, así a veces fotones no dirigidos "directamente" hacia la Tierra, al interceptar estas "lentes" nos envían imágenes múltiples del objeto.

Sin embargo, en la práctica, la idea de conseguir detectar galaxias alineadas para producir efectos lenticulares no es sencilla, ni siquiera con el auxilio del telescopio espacial Hubble "magnífico fotógrafo" y otros también sumamente eficaces, es asunto fácil.

En realidad hasta el descubrimiento de los quásares, en los años 60, no se pudo retomar esta cuestión de modo empírico, y así dar un paso más en los estudios que más o menos hasta ese momento se movían en el mundo de la teoría.

Un hallazgo revelador

En el año 1979 se observó por azar un espejismo, el hallazgo se debió a un grupo de astrónomos que estaba cartografiando el cielo. Los dos quásares protagonistas resultaban bastante próximos (separados 4 segundos de arco) y ambos presentaban la misma luminosidad e idéntico espectro electromagnético, lo cual es un fenómeno bastante extraño. Las ideas explicativas que circularon entonces fueron de dos tipos, o se trataba de un quásar doble, o de un espejismo gravitacional.

La solución se encontró en 1979, cuando se identificó un quásar y una galaxia poco brillante que actuaba de lente gravitacional (es decir, se trataba de un espejismo gravitacional). Ese momento marcó el comienzo de la historia continuada y perfeccionada de los hallazgos de lentes gravitacionales, y en general la adquisición de experiencia en detectarlas.

Seguramente las simulaciones computacionales que son fuente de comprensión de procesos astronómicos de gran escala, como choques de galaxias u otros fenómenos no observables en la escala humana, constituyen una interesante fuente de comprensión, estudio, modelización y predicción. C²

Referencias

Si el lector lo desea puede encontrar información complementaria en el artículo publicado en C² [Metamateriales ópticos: un mundo inverosímil](#) de A. J. Batista para comprender el fenómeno de la refracción.

En estas notas no tratamos de la naturaleza de la luz ni profundizamos en su relación con la materia.

El lector puede recordar qué es el espectro electromagnético en el artículo publicado en C² [Ojos que la pudieran ver](#) de Jesús Carlos Ruiz Suárez.

Galaxias primitivas muy luminosas, objetos cuasiestelares, por su nombre

Bibliografía

HERRERA, R.M.: "El piano y la Luna" Ciencia y Cultura C2, Monterrey, 2015

<https://www.revistac2.com/el-piano-y-la-luna>

HERRERA, R.M.: "[¿Por qué la noche es oscura?](#)" Ciencia y Cultura C2, Monterrey, 2014.

HERRERA, R.M.: "[¡Hasta Saturno y más allá!: Titán e Hiperión](#)" Ciencia y Cultura C2, Monterrey, 2015.

LEMONS, D.S.: *Perfect form. Variational Principles, Methods, and Applications in Elementary Physics*, Princeton Univ. Press, 1997

MARTIN-ROBINE, F: *Histoire du principe de moindre action* Vuibert, París 2009

MOSER, J.K.: *Stable and Random Motions in Dynamical Systems* Princeton Landmarks in Mathematics

POINCARÉ, H.: *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* Gauthier-Villars et fils, 1899 (reprint Dover 1957)

SIEGEL, C.L. & MOSER, J.K. & KALME, Ch.I.: *Lectures on Celestial Mechanics* Springer

