

Clase en capítulo 2 "The Fabric of Reality". Shadows

For reference.

Tamaño del sistema solar: 30 Trillion KM (30 million million), 30 billones de Km

Tamaño de la vía láctea: 100.000 light years,

Light year: 9.5 trillion km

Michael Faraday 22 September 1791 – 25 August 1867

Shadows

There is no better, there is no more open door by which you can enter into the study of natural philosophy, than by considering the physical phenomena of a candle. Michael Faraday (A Course of Six Lectures on the Chemical History of a Candle)

Deutsch, David. The Fabric of Reality: The Science of Parallel Universes--and Its Implications (p. 32). Penguin Publishing Group. Kindle Edition.

La linterna, el cuarto oscuro y sus propiedades

- Vamos a explicar fenómenos cuánticos. Vamos a concentrarnos en la doble rendija
- Los experimentos y sus resultados no tienen discusión
- Algunos difíciles de creer, aún para los físicos.
- Implicaciones extraordinarias y sorprendentes.
- Considere una linterna
- Considere el filamento en la linterna
- Oscuridad absoluta
- Propiedades de la luz: La luz es invisible
- Una segunda linterna podría iluminar la linterna pero no el haz de luz
- Los haces de luz no interfieren, no se chocan unos con otros. Ni siquiera de láseres intensos.
- Se vería solo oscuridad a menos que estuviéramos en frente de la linterna

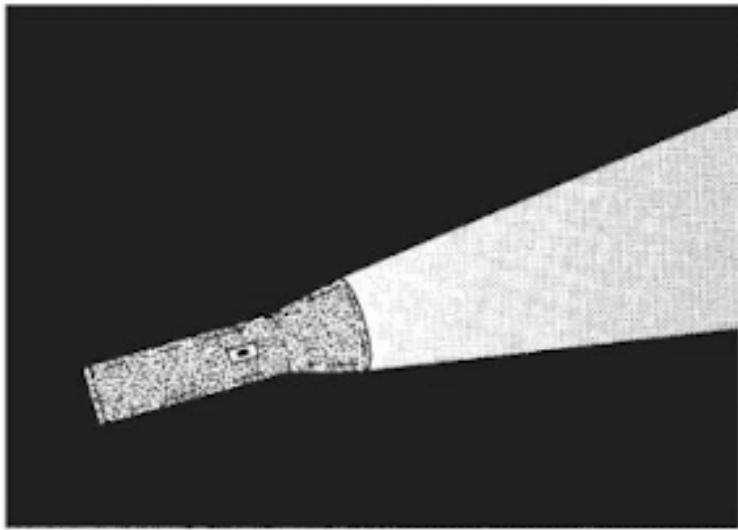


FIGURE 2.1 *Light from an electric torch (flashlight).*

La Rana y Los detectores de luz

- Un humano al alejarse vería la luz cada vez menos intensa y a una distancia de 10.000 Km dejaría de verla.
- La rana tiene ojos mucho más sensible que los humanos.
- Cuándo dejaría la reina de ver la linterna?
- NUNCA.
- La Rana empezaría a ver que la linterna titila
- Los intervalos del titileo serían cada vez más largos.
- Pero la intensidad del titileo no diminuiría.
- A una distancia de cien millones de kilómetros la rana vería un destello de luz de la linterna al día
- Nosotros usamos fotomultiplicadores en los experimentos. Estos son más sensible que los ojos de ranas.
- Utilizamos filtros oscuros para adelgazar la luz (en vez de la distancia)

Cuantos de Luz: fotones

- Este titileo muestra que hay un límite en cuanto podemos separar la luz (No hay menos brillo)
- Considere una hoja de oro y cuanto puede separarla. Hable de átomos y el espacio entre ellos
- Los átomos no se adelgazan, lo que pasa es que separan.

- La luz está cuantizada y aparece solo en paquetes que no podemos dividir más, esto se denomina un cuanto de luz, o un fotón.
- En física cuántica todas las cantidades medibles están cuantizadas: cantidad de luz, masa de una hoja de oro, la distancia, etc.
- NO HAY CANTIDADES CONTINUAS MEDIBLE EN FÍSICA.
- EL CONTINUO ES UNA APROXIMACIÓN.
- Entonces cómo cambian las cantidades, cómo llega un objeto de un lugar a otro? (Luego)



FIGURE 2.2 Frogs can see individual photons.

Shadows

- Regresemos al experimento
- Cerca a la linterna hay 10^{14} (100 billones or 100 trillions)
- Y el haz de luz parece continuo
- El límite entre la sombra y la luz es una zona gris denominada penumbra
- Se da porque el filamento no es un punto geométrico perfecto.
- La penumbra también se da por interacciones complejas del reflector y del vidrio de la linterna.
- Pero hay un límite en que tan perfecta puede ser una sombra, es decir en que tan pequeña podemos hacer la penumbra.
- Pareciera que si hicieramos muy pequeño el filamento entonces tendríamos una penumbra infinitamente pequeña.
- Pero sabemos que la luz se dobla. Aunque no vemos en las esquinas, si sabemos que la luz se dobla.

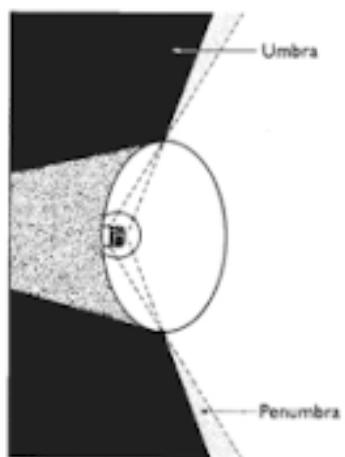


FIGURE 2.3 *The umbra and penumbra of a shadow.*

Confinando la luz

- Podemos probar estos límites de manera más simple usando el experimento de la doble rendija
- Describa el experimento de la imagen con dos huecos pequeños
- Imagine que hacemos los huecos cada vez más pequeños una separación más pequeña entre la primera y segunda pantalla,
- Podemos llegar a tener una umbra cada vez más cercana hasta el punto de una sola línea separando las dos regiones?
- La parte iluminada entre la segunda y tercera pantalla se puede confinar a una región arbitrariamente pequeña?
- No, la luz no es tan maleable como otros materiales.
- Podemos crear hilos de oro de una diez milésima parte de un milímetro.
- Pero, en el caso de la luz, antes de que los huecos lleguen a la diez milésima parte de un milímetro, la luz se niega a ser confinada y se esparce.
- Se crean patrones intrincados de luz y sombra.

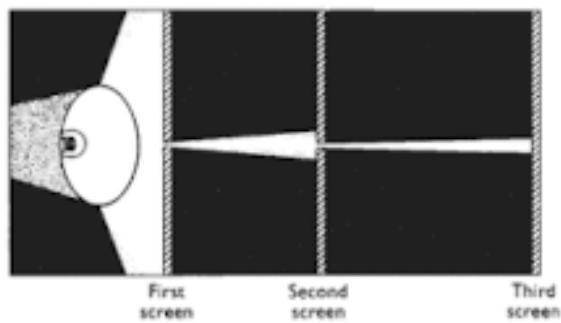


FIGURE 2.4 Making a narrow beam by passing light through two successive holes.

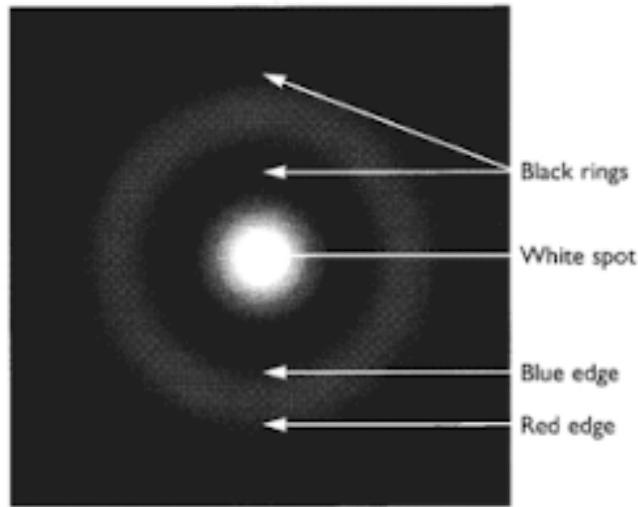


FIGURE 2.5 The pattern of light and shadow formed by white light after passing through a small circular hole.

Doble rendija

- Ojo, no es problema de definición.

- Barreras con patrones intrincados de agujeros pueden generar sobras de patrones extraños.
- Considere el experimento de doble rendija con rendijas paralelas separadas por 1/5 de milímetro

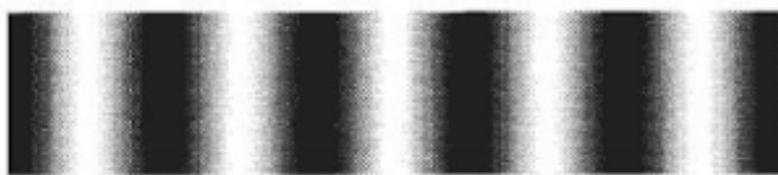
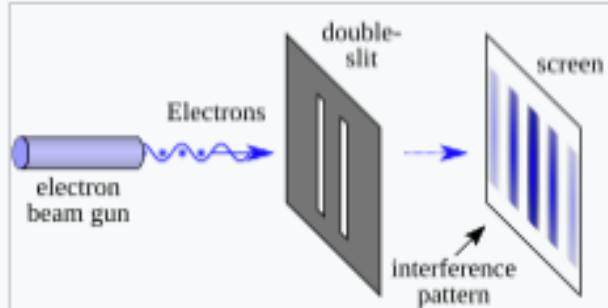


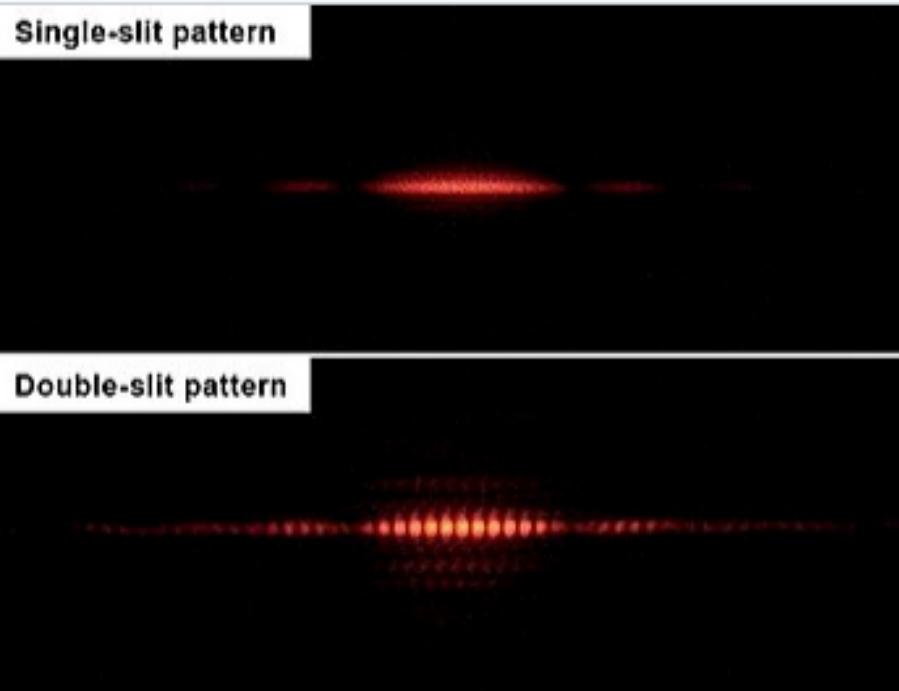
FIGURE 2.6 *The shadow cast by a barrier containing two straight, parallel slits.*



Photons or matter (like electrons) produce an interference pattern when two slits are used



Light from a green laser passing through two slits 0.4 mm wide and 0.1 mm apart



Same double-slit assembly (0.7 mm between slits); in top image, one slit is closed. In the single-slit image, a **diffraction pattern** (the faint spots on either side of the main band) forms due to the nonzero width of the slit. This diffraction pattern is also seen in the double-slit image, but with many smaller interference fringes.

Fotones sombra.

- Si las rendijas se mueven, el patrón también se mueve
- Si ponemos otras dos rendijas intercaladas pero separadas 1/10 de mmm que patrón aparece?

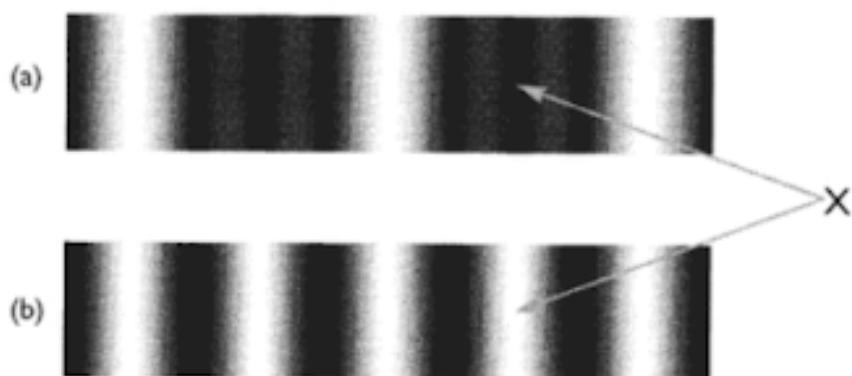


FIGURE 3-7 The double-slit interference pattern

- El patrón es diferente para cada cantidad de rendijas, no parecen seguir nuestra intuición del comportamiento de haces de luz
- Están rebotando los fotones?
- Algo está pasando por esa segunda rendija que previene la luz llegar al punto X
- Si iluminamos solo dos rendijas aparece el patrón de dos rendijas, el de 3 con 3 y el de cuatro con 4
- Lo que interfiere está en la luz. Se interfiere por lo mismo que interfiere la luz, y pasa cuando la luz puede pasar.
- Inclusive si pongo sistemas de espejos, pero la luz puede alcanzar puntos concretos se verán los patrones de el número de rendijas correspondientes.
- Lo que causa interferencia se comporta como luz.
- Pero que pasa si realizamos el experimento con un fotón a la vez?
- Los patrones de sombra se mantienen
- Con qué están interfiriendo los fotones?
- Se dividen los fotones? Si ponemos detectores en las rendijas, solo uno se activa en cada vez.
- Entonces si los fotones se dividen y no se desviados por otros fotones, qué está pasando?
- Vamos a llamar a estos fotones fotones sombra.
- Vamos a llamar a los fotones tangibles (detectables) y sombra (solo sabemos que existen porque interactúan con tangibles)

Multiverse

- Cuántos fotones sombra puede haber?
- Difícil saberlo
- Pero podemos poner un límite inferior
- Con un láser podemos iluminar más o menos un metro cuadrado
- Podemos manejar de manera práctica huecos de $1/1000$ de milímetro
- Es decir en un metro cuadrado podemos tener 10^{12} huecos
- En tal experimento por cada fotón tangible habría 10^{12} fotones sombra.
- Se comportan como luz y tiene propiedades de la luz pero solo son detectables por su interacción con fotones tangibles.
- Ese es el fenómeno de interferencia.
- La interferencia no es un fenómeno solo de fotones
- Ocurre para cualquier partícula.
- Es decir deben haber múltiples cantidades de neutrones sombra, electrones sombra, protones sombra, por cada partícula tangible
- Parece que la realidad es mucho más grande de los que parece
- Las partículas tangibles forman lo que llamamos universo y es a los que

se refiere la física clásica.

- Podemos llamar los universos de las partículas sombra Universos Paralelos, ya que son afectados por la interferencia con nuestras partículas.
- Pero las partículas sombra no forman otro universo paralelo, sino múltiples universos paralelos.
- Todos los universos son similares y solo difieren en que las partículas están en diferentes posiciones en cada universo.
- Las partículas sombra solo interactúan con objetos en su universo.

Observadores

- No hay efecto psicológicos
- El pensamiento no tiene nada que ver
- Los experimentos se hacen oscuros y fríos para evitar entrelazamiento.
- Si las partículas se entrelazan, la interferencia se hace más difícil de detectar porque el experimento resulta más complejo debe involucrar más partículas.
- No se destruye la interacción solo crece el experimento.