

Midiendo la longitud de onda de la luz de un láser.

Reyna Araceli Duarte Quiroga

J. Zacarías Malacara H.

Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.

La luz del láser

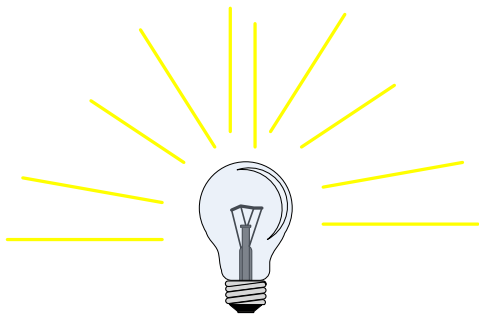
- El láser, inventado en el año de 1960. Su invento fue el resultado de una investigación para conocer la naturaleza de la luz. En particular, se buscaba determinar las condiciones bajo las cuales un átomo emite su luz estimulado por un rayo de luz ya presente. Tras su invento, alguien exclamó que habían encontrado una solución en busca de problemas que resolver. Las aplicaciones en sus primeros 50 años son innumerables y en la actualidad tenemos un dispositivo presente prácticamente en todas las casas, comercios, laboratorios y empresas industriales

La luz del láser

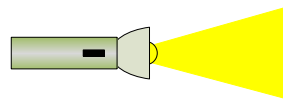
- El láser es diferente a toda otra fuente de luz en dos características notables: La coherencia espacial y la coherencia temporal. Los términos parecen extraños, pero esos conceptos son fáciles de comprender.

La luz del láser

- **La coherencia espacial** es la propiedad que tiene una fuente de luz para enviar la luz en una sola dirección seleccionada. La divergencia de la luz se mide en unidades de ángulo sólido, medido en estereorradianes. Una esfera tiene un ángulo sólido de 4π estereorradianes (12.57 estereorradianes) Un cono que subtiende un ángulo de 10 grados tiene un ángulo sólido de 0.77 estereorradianes. La figura muestra diferentes fuentes de luz con diferentes grados de coherencia.



a) Lámpara incandescente
12.57 estereorradianes



b) Lámpara sorda
0.8 estereorradianes



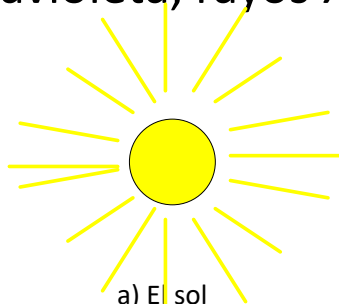
c) Faro marino
0.015 estereorradianes



d) Láser de Helio-neón
0.000 001 estereorradianes

La luz del láser

- **Coherencia temporal:** La coherencia temporal es la característica de algunas fuentes de luz de mostrar un solo color de luz. Algunas fuentes, como el sol, tienen todos los colores del espectro electromagnético. No solo todos los colores del arcoíris (espectro visible, sino que también, ultravioleta, rayos X, rayos gamma, infrarrojo, microondas y ondas radio.



a) El sol
Long. Coherencia: 5nm



b) Lámpara de color
Long. Coherencia: 20 nm



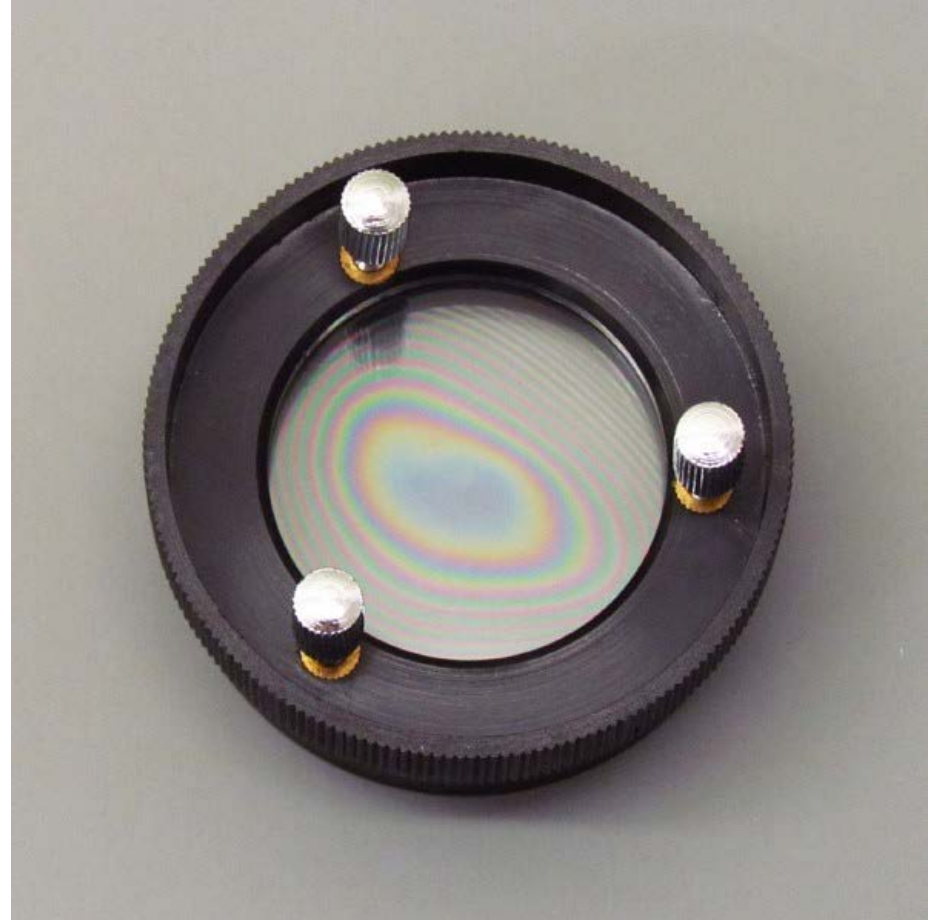
c) Luz de sodio
Long. Coherencia: 100 nm



d) Láser de Helio-neón
Long. Coherencia: 0.20 m

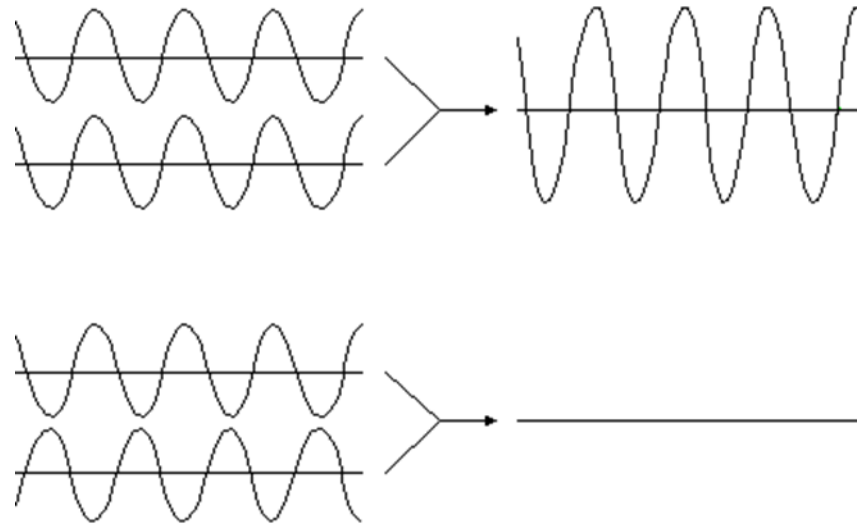
Propagación de la luz

- Newton, defendía que la luz estaba formada por partículas, no por ondas, a pesar que fue el primero en reportar y explicar la interferencia de la luz.



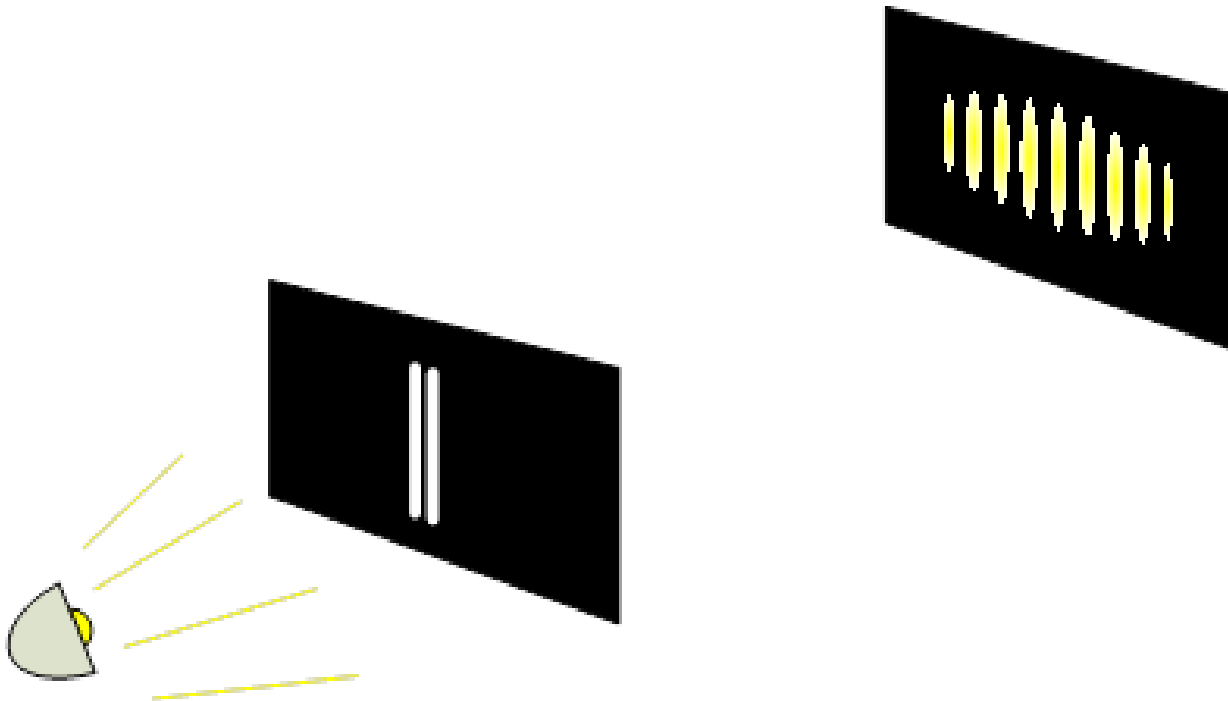
Propagación de la luz

- Estando la luz formada de ondas, la intensidad de la luz en un punto es el resultado de la suma de las ondas.
- Cuando las ondas están en fase, hay *interferencia constructiva*.
- Si las ondas están fuera de fase, hay *interferencia destructiva*.



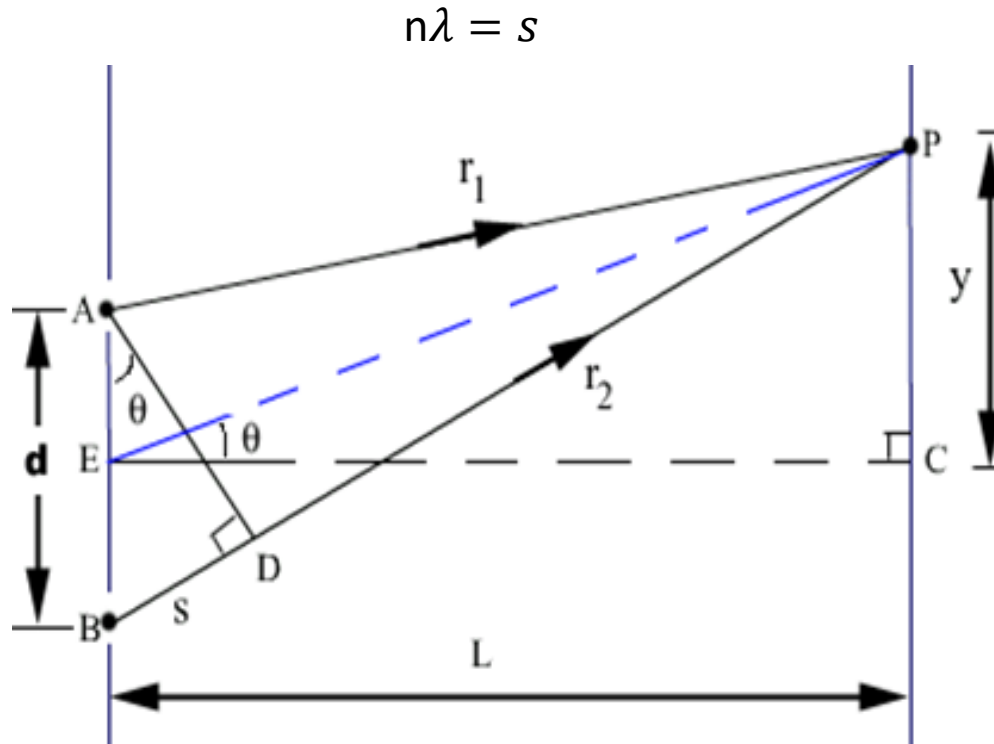
Interferencia

- En 1801, Thomas Young hace el experimento de la doble rendija, para comprobar que la luz se propaga en ondas.



Interferencia

- Para que en experimento de Young aparezca una franja brillante se requiere que la diferencia de camino recorrido por las dos ondas sea un múltiplo m de la longitud de onda de la luz.



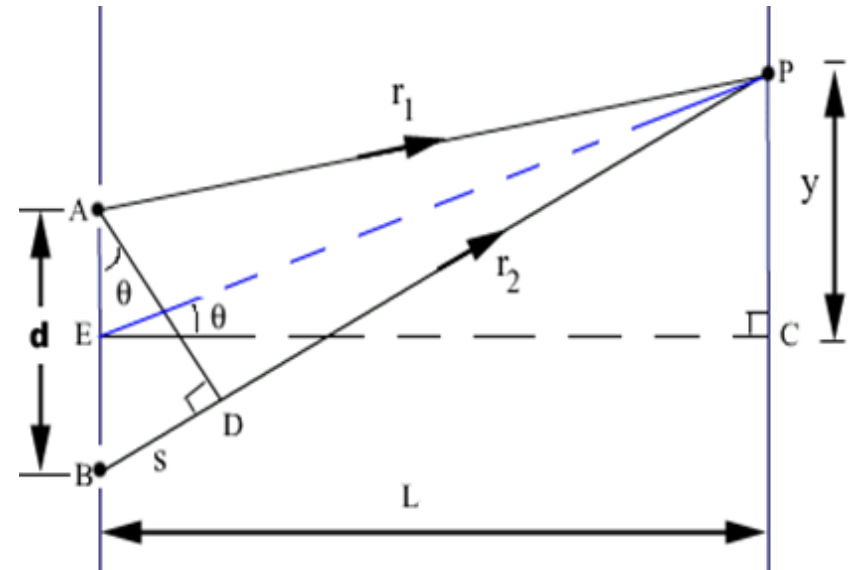
Interferencia

- La diferencia de distancia recorrida es s , que de acuerdo al triángulo ABD está relacionado con el ángulo θ como:

$$\sin \theta = \frac{s}{d}$$

- Donde d es la separación entre rendijas

$$n\lambda = s$$



Interferencia

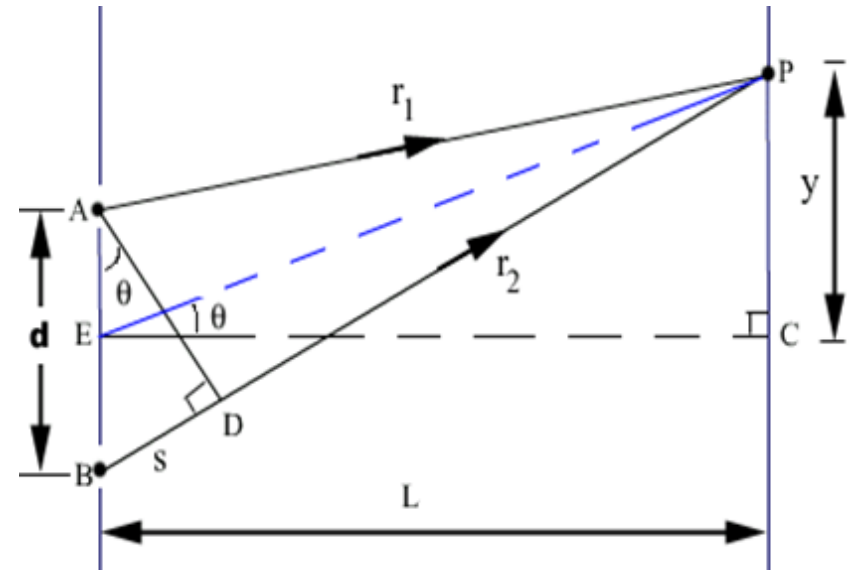
- Como el segmento AB es perpendicular al segmento EC y el segmento AD es perpendicular a EP, ambos ángulos son iguales y entonces:

$$\tan \theta = \frac{y}{l}$$

- Como el ángulo es muy pequeño, aproximamos:

$$\sin \theta \approx \tan \theta$$

$$n\lambda = s$$
$$\sin \theta = \frac{s}{d}$$



Interferencia

- Entonces, sustituimos:

$$\frac{s}{d} = \frac{n\lambda}{d} \approx \frac{y}{L};$$

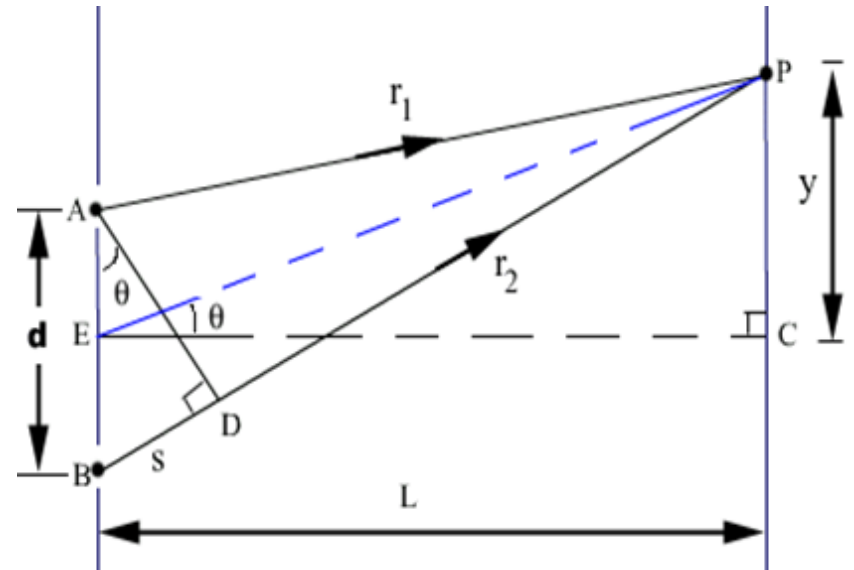
- Para obtener finalmente:

$$\lambda = \frac{y d}{n L}$$

$$n\lambda = s$$

$$\sin \theta = \frac{s}{d}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{L} \quad \sin \theta \approx \tan \theta$$

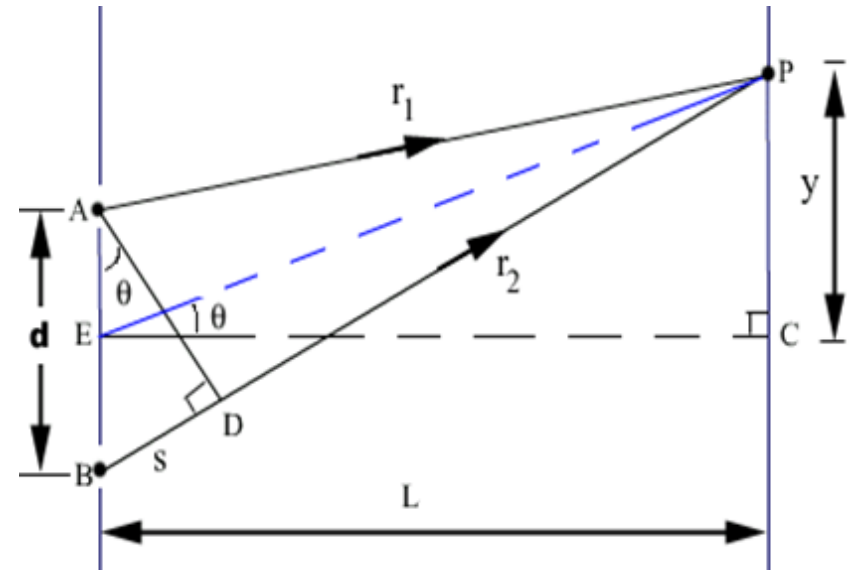


Interferencia

- La longitud de onda se puede calcular:

$$\lambda = \frac{y d}{n L}$$

- Donde:
- y : La separación entre la mancha central y la n -ésima mancha brillante.
- d : La separación entre las dos rendijas.
- n : El número de manchas tomadas en la medida y .
- L : La distancia desde las rendijas y la pantalla donde se miden las manchas.

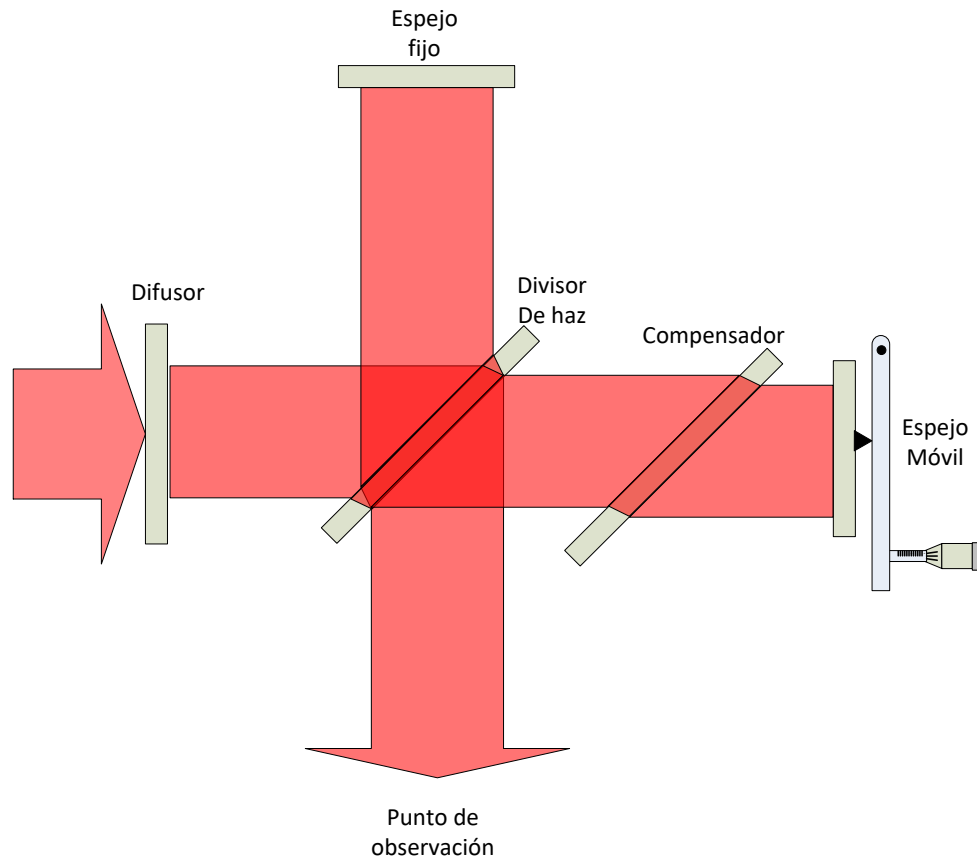


El interferómetro de Michelson

- Albert A Michelson diseñó en 1887 el interferómetro que lleva su nombre. Lo utilizó para tratar de determinar la velocidad del viento éter.
- Fracásó en el intento de medir esa velocidad (¡Claro que fracasó, pues el viento éter no existe!)

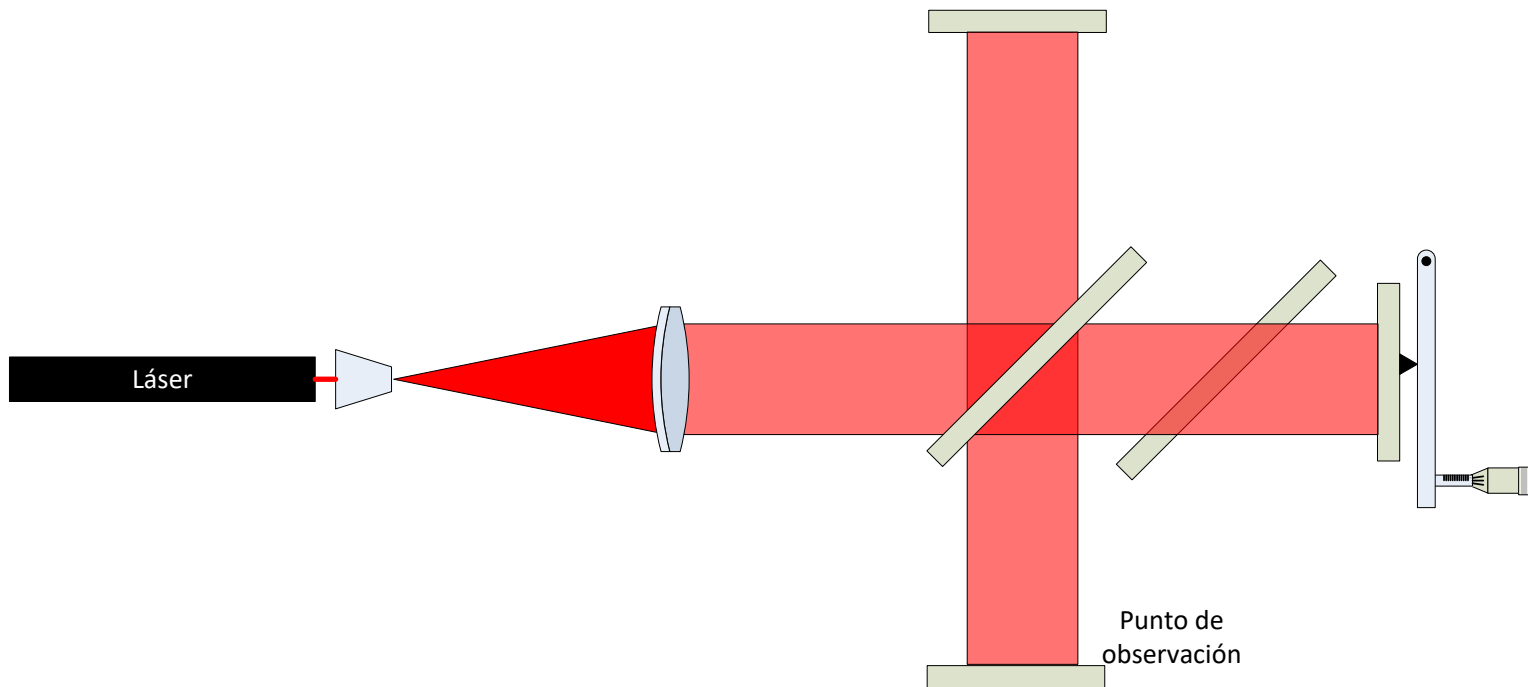
El interferómetro de Michelson

- El esquema óptico de un interferómetro de Michelson se muestra en la figura:



El interferómetro de Michelson

- Podemos hacer interferencia con un láser en el laboratorio de la siguiente manera:



EL LIGO

- El LIGO: (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) es un interferómetro de Michelson diseñado para detectar ondas gravitacionales

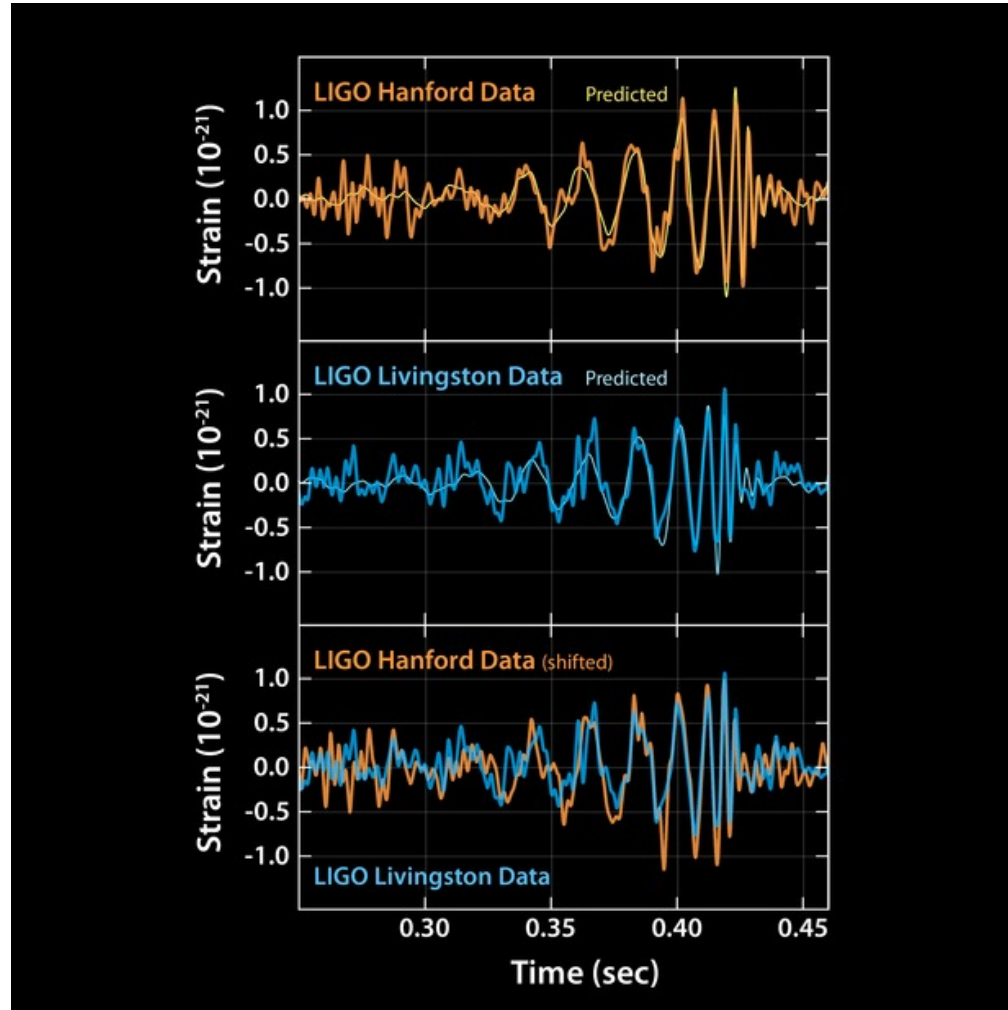


EL LIGO

- El 14 de agosto de 2017 a las 10:30:43 se observó por primera vez un evento de ondas gravitacionales con tres interferómetros, uno en Livingston, Louisiana, otro en Hanford, Washington, n EEUU y además el detector localizado cerca de Pisa, Italia



El Ligo



Gracias

zmalacar@cio.mx