



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA



ETAPA DISCIPLINARIA

Dispersión de la Luz

13185 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

Prof. E. Efrén García G.

Ensenada, B.C. México 2019

Ver 1.4

1. Introducción:

La luz blanca (o luz visible) se encuentra compuesta por una serie de colores, o longitudes de onda distintas, los cuales se pueden observar como luces individuales cuando se hace pasar un haz de luz blanca por un prisma, ya que se superponen todas estas luces que son longitudes de onda de todo el espectro visible, donde cada color tiene una longitud de onda característica, y diferentes frecuencias de luz se doblaran de distinta manera al pasar a través de un prisma, se dice que la luz se dispersa en el espectro.

En condiciones de vacío, la rapidez de la luz es la misma para todas las longitudes de onda, pero en un material, cambia para las distintas longitudes de onda. El índice de refracción n de un material es la razón entre la rapidez c del vacío y la rapidez v de un material, por lo que depende de la longitud de onda.

La refracción ocurre cuando se presenta un cambio en la dirección de un haz de luz transmitido, es decir, cuando un objeto toma este y lo redirige. El cual depende del *índice de refracción* del objeto sobre el que se incide la luz. El índice de refracción decrece a medida que la longitud de onda aumenta, de tal manera que las longitudes más largas (rojo) se doblen menos que las más cortas (violeta).

La dependencia del índice de refracción en la longitud de onda (y por tanto frecuencia) es llamado *dispersión*. Que, en esencia, es descomponer la luz en sus diferentes colores o longitudes de onda. La dispersión es cualquier fenómeno asociado con la propagación de ondas individuales que dependen de su longitud de onda, donde la cantidad de dispersión depende de la diferencia entre los índices de refracción para la luz violeta y para la luz roja.

El tipo de dispersión que se observa cuando la luz se separa en colores se conoce como *dispersión cromática*, un claro ejemplo sería el arcoíris. Este se produce cuando las gotas de agua logran dispersar la luz proveniente del sol, formando los colores que se observan después de un día lluvioso.

2. Objetivo

Observar la dispersión de la luz, en diferentes formas.

3. Desarrollo:

3.1. Materiales:

Experimento casero:

- Agua
- Recipiente de vidrio

- Superficie blanca
- Fuente de luz blanca (sol)

Experimento láser (prisma):

- Fuente de luz blanca
- Mesa holográfica
- Prisma

3.2. Métodos:

Experimento casero:

1. Se coloca el agua en el recipiente.
2. Se ilumina el recipiente de vidrio con la fuente de luz blanca.
3. Se coloca la superficie blanca cerca del recipiente para observar el fenómeno.

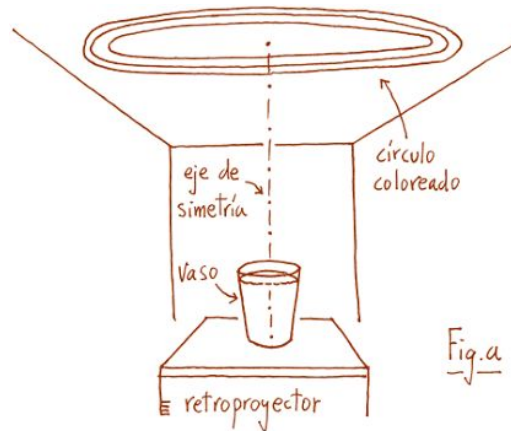


Figura a. Referencia a experimento

4. Resultados:

Experimento casero:

Se observa en la superficie blanca un círculo, arco o patrón (dependiendo de la forma del recipiente) coloreado del rojo al azul, en la misma dirección en la que se apunta la fuente de luz blanca(fig. a).

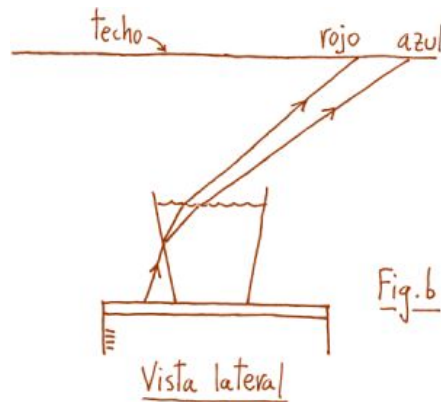


Figura a. Referencia a experimento

5. Discusiones:

Esto se debe a la dispersión del haz de luz blanca al atravesar el agua. Esto se deduce recordando que el índice de refracción del agua en la región espectral correspondiente al rojo es menor que en la región del azul, es decir, que el índice de refracción depende de la longitud de onda, y es inversamente proporcional.

Para apreciar con más nitidez el fenómeno, la habitación en la que se realiza el experimento debe estar oscura, que no haya otras fuentes de luz artificial en la habitación.

6. Conclusiones:

7. Referencias y Bibliografía:

Tipler, P., Mosca, G. (2004). Physics for Scientists and Engineers. 5ta ed. Estados Unidos: Freeman and Company.

Stark, G. (05/04/2018). Light. Encyclopaedia Britannica. Recuperado el 26/08/2018 de: <https://www.britannica.com/science/light/Total-internal-reflection#ref582129>

The Physics Classroom. (s.f.). Dispersion of Light by Prisms. Recuperado el 26/08/2018 de: <https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-4/Dispersion-of-Light-by-Prisms>

Tikung, K. (22/09/2016). How to do a Simple Dispersion Experiment [Video]. Recuperado el 27/08/2018 de: <https://www.youtube.com/watch?v=IF0-yxLdgvM>



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA



ETAPA DISCIPLINARIA

Rejillas de Difracción

13185 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

Prof. E. Efrén García G.

Ensenada, B.C. México 2019

Ver 1.4

1. Introducción:

Una rejilla de difracción es una superficie plana, ya sea un metal o un vidrio, en el cual se realizaron diversas líneas o aberturas paralelas, con un equipo de alta precisión, teniendo el mismo espaciado entre ellas. Con una rejilla de reflexión la luz se refleja de las crestas entre las líneas; en una rejilla de transmisión la luz pasa a través de los espacios entre las líneas.

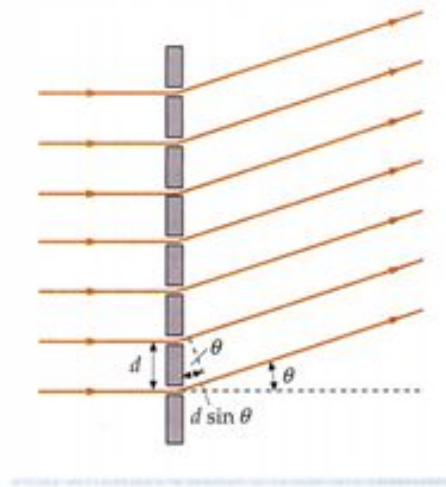


Figura 1. Luz incidente en una rejilla de difracción.

La luz reflejada entre las ranuras es buena y la reflexión de las ranuras cortadas en el material son difusas. Por lo que las ranuras actúan como fuentes paralelas de luz reflejada, al igual que las rendijas de una rejilla de transmisión. La rejilla, también llamada red de difracción, puede separar la luz en diferentes longitudes de onda en alta resolución. Cuando la luz incide sobre las ranuras, cada rendija produce difracción, cuyos rayos difractados interfieren entre sí para producir la configuración final, que al salir de las rendijas, las ondas están en la misma fase. Las ondas deben viajar diferentes distancias de trayectoria antes de llegar a la pantalla, donde la diferencia de trayectorias δ entre rayos desde dos rendijas adyacentes cualesquiera es igual a $d \sin \theta$. Si la diferencia en la trayectoria resulta igual a la longitud de onda o a algún múltiplo entero de la longitud de onda, se podrán observar las ondas de todas las rendijas en fase en la pantalla y una granja brillante, por lo que la condición para los máximos en el patrón de interferencia del ángulo

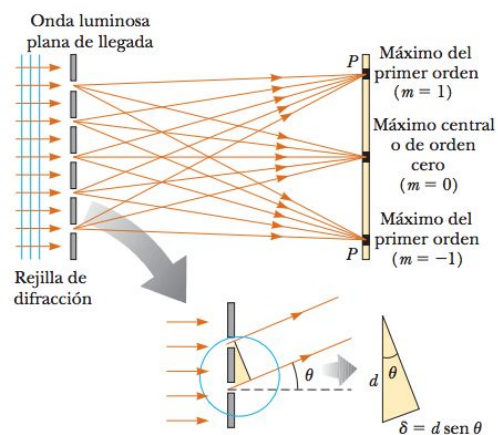


Imagen 1. Rejilla de difracción.

$\theta_{\text{brillante}}$ es:

$$d \sin \theta = m\lambda; \text{ siendo } m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Su aspecto de “super prisma” lo lleva a una aplicación en la medición de espectros atómicos en instrumentos de laboratorio y telescopios. Es igualmente útil para la separación de las líneas espectrales asociadas con las transiciones atómicas, logrando separar los colores de mayor manera que un prisma.

Ejemplos comunes de estos dispositivos serían los discos de vinilo, y los discos compactos, cuyas pequeñas separaciones logran provocar la separación de la luz blanca en sus colores componentes.

2. Desarrollo:

2.1. Materiales:

Experimento laboratorio:

- Led (blanco).
- Lentes condensadoras esféricas
- Lentes de enfoque
- Lentes montados
- Lente de hendidura variable
- Lente de colimación
- Soporte de rejilla
- Pantalla de visualización

2.2. Métodos:

3. Resultados:

4. Discusiones:

5. Conclusiones:

6. Referencias y Bibliografía:

Tipler, P., Mosca, G. (2004). Physics for Scientists and Engineers. 5ta ed. Estados Unidos: Freeman and Company.

Nave, C.R. (s.f.). Red de Difracción. HyperPhysics. Recuperado el 04/09/2018 de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/grating.html>

Serway R. & Jewett J. (2009) Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna. 7ma Edición. Vol II. México: Cengage Learning.



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA



ETAPA DISCIPLINARIA

Patrones de Difracción

13185 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

Prof. E. Efrén García G.

Ensenada, B.C. México 2019

Ver 1.4

1. Introducción:

La difracción es producida a través de una abertura por el cual viaja la luz o de un objeto opaco, donde las ondas desviadas interfieren entre si en algún punto generando una cierta distribución de intensidad llamada patrón de difracción.

La difracción se lleva a cabo bajo ciertas condiciones, que incluye que la abertura o pantalla difractora sea de una magnitud mayor que la longitud de onda, así como que el campo difractado sea observado a una distancia de la abertura de una magnitud mayor a la longitud de onda, incluyendo que los ángulos involucrados en el cálculo no sean grandes.

Los *elementos difractivos ópticos* son elementos de fases delgadas, los cuales operan mediante interferencia y difracción, produciendo distribuciones aleatorias de luz. Son capaces de modificar o darle forma al haz de luz que ingrese en ellos. Estos pueden categorizarse en:

- **Formadores de luz:** modifican la intensidad y los perfiles de las fases
- **Divisores de haz:** separan un haz incidente en múltiples haces no sobrepuestos
- **Difusores (homogenizadores):** absorben luz monocromática y la dispersan en diferentes patrones

Estos últimos convierten un haz incidente de luz en una multitud de haces, mediante la difracciones en direcciones definidas (órdenes de difracción), cuyos ángulos e intensidades pueden ser controladas, si estas se superponen, se genera una nueva distribución homogénea. Estos se valen de la naturaleza ondulatoria de la luz, y afectan a dirección mediante difracción, lo que provoca que frente una pantalla, la difracción actúa como un filtro óptico generando la superposición.

La estructura básica de un difusor de este tipo es el grabado superficial de una estructura periódica unidimensional, la cual se puede obtener mediante litografía u otras técnicas de grabado.

2. Objetivo:

Observar diferentes patrones de difracción a partir del uso de difusores.

3. Desarrollo:

3.1. Materiales

- Láser He-Ne.
- Soporte para el Láser.
- Filtros

3.2. Métodos

1. Colocar en el soporte universal el láser de He-Ne, colocándolo de tal manera que la difracción se observara en la pared.
2. Colocar los filtros al contacto del láser y observar el patrón.

4. Resultados:

Lista de figuras obtenidas

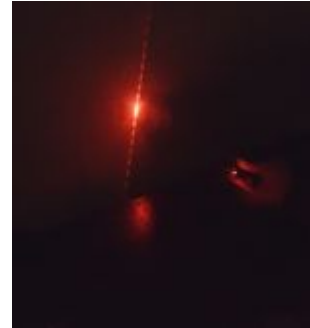
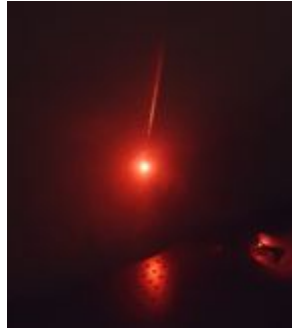


Fig. 1,2,3. Patrón de difracción obtenido de un difusor, en forma lineal

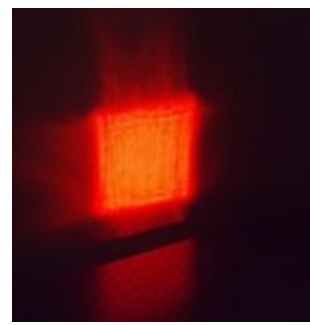
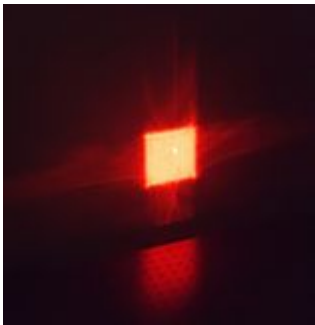


Fig. 4. Patrón de difracción en forma de cuadro

Fig. 5. Patrón de difracción en forma de cruz

Fig. 6. Patrón de difracción en forma de cuadro

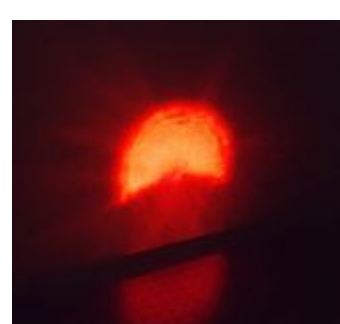
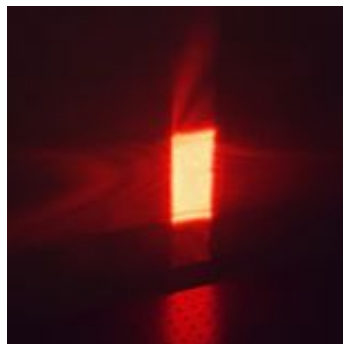
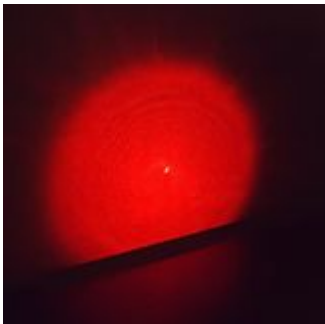


Fig. 7. Patrón de difracción en forma de círculo

Fig. 8. Patrón de difracción en forma de rectángulo

Fig. 9. Patrón de difracción en forma de semicírculo



Fig. 10. Patrón de difracción en forma de círculo



Fig. 11. Patrón de difracción en forma de rectángulo



Fig. 12. Patrón de difracción en forma de rectángulo



Fig. 13. Patrón de difracción lineal

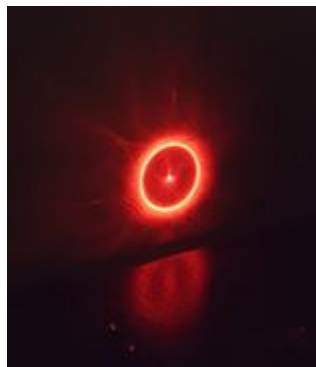


Fig. 14. Patrón de difracción en forma de aro



Fig. 15. Patrón de difracción en forma de rectángulo



Fig. 16. Patrón de difracción en forma de rectángulo



Fig. 17. Patrón de difracción puntual



Fig. 18. Patrón de difracción en forma de cruz

En la interacción de la mayoría de los difusores utilizados con la luz, se vio un cambio de ángulo, pero no de intensidad o de patrón, sin embargo, existieron patrones en donde las estructuras lineales, tendían a cambiar de intensidad la luz, pero su estructura no tenía cambios considerables.

5. Discusiones:

Se observan diversos patrones, que dentro de una placa se encuentran posicionados variedad de difusores en forma de círculos que a simple vista se observan diversos patrones en una estructura rugosa, sin embargo no se observan figuras planas observadas a simple vista con los patrones observados, que se puede especificar este comportamiento como dependiente del patrón utilizado en la estructura rugosa, que acuerdo a la interacción de la luz y la materia generando interacciones aleatorias, de difracción e interferencia, que en el caso de las figuras era más visto cómo el círculo donde la intensidad variaba alrededor de la figura, o las cruces, donde se observaba un patrón de difracción, en donde la litografía fue llevada a cabo con el propósito de generar interferencia de luz en regiones específicas, para provocar diversas formas.

6. Conclusiones:

Se logró observar distintos patrones dependiendo del difusor utilizado.

Los difusores son placas de vidrio que presentan en una de sus caras una frontera lisa y en la opuesta tienen una frontera rugosa. Un difusor con sus dos tipos superficie fue atravesado por un haz de luz, primeramente en su parte lisa y saliendo por la frontera rugosa, transmitiéndose al otro lado produciendo luz difusa.

Se observó que la distribución de intensidad en una región alejada del difusor se obtiene un patrón de interferencia donde la intensidad varía respecto a la posición. Tal patrón en la zona de observación está constituido por una gran suma de ondas con fases al azar, donde cada una proveniente de un elemento dispersor distinto. A esta forma de patrón de interferencia se le conoce como patrón de speckle.

7. Referencias y Bibliografía:

De Gante Gonzalez C. (2014). *Generación y Comparación de Patrones de Difracción de Aberturas Poligonales e Hipocicloides*. (Tesis de pregrado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. Recuperado de:

<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/fisica/2014/DeGanteGonzalezCesar.pdf>

García G. E. E. (2007). *Difusores Ópticos con Características Especiales de Esparcimiento*. (Tesis de doctorado). División de Física Aplicada, Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

JENOPTIK. (s.f.). *Diffractive Optical Elements for High-precision, Energy-efficient Laser Applications*. Recuperado de:

<https://www.jenoptik.com/products/optical-systems/optical-precision-components/diffractive-optical-elements-doe-microoptics>

Gale, M. T., Knop, K. (1986). *Diffractive diffusers for display applications*. *Current Developments in Optical Engineering and Diffraction Phenomena* 679, 165-168. Doi: 10.1117/12.939582



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño



INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA



ETAPA DISCIPLINARIA

Interferómetro de Michelson

13185 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA

Prof. E. Efrén García G.

Ensenada, B.C. México 2019

Ver 1.4

1. Introducción:

Un interferómetro es un dispositivo que es utilizado para medir las longitudes o cambios de longitud pequeños por medio de la interferencia de la luz. Funciona mediante las franjas de interferencia, y es capaz de medir las longitudes de onda con gran precisión debido a que los desplazamientos se realizan con gran precisión en un espejo, lo que se encuentra relacionado con un número contable exacto de longitudes de onda.

Un interferómetro muy utilizado es el *Interferómetro de Michelson*, construido por Albert Michelson en 1887. Consiste en una fuente de luz láser que emite luz coherente, ésta pasa por una lente de desenfoque para dispersar el haz enfocado normalmente de modo muy estrecho. La luz luego pasa por un espejo transparente m_1 (el cual se encuentra a 45° con respecto al haz incidente), parte de la luz se refleja hacia el espejo ajustable m_3 y parte de la luz se transmite al espejo móvil m_2 , es decir, el espejo, o película delgada en algunos casos, actúa como un *divisor de rayo*.

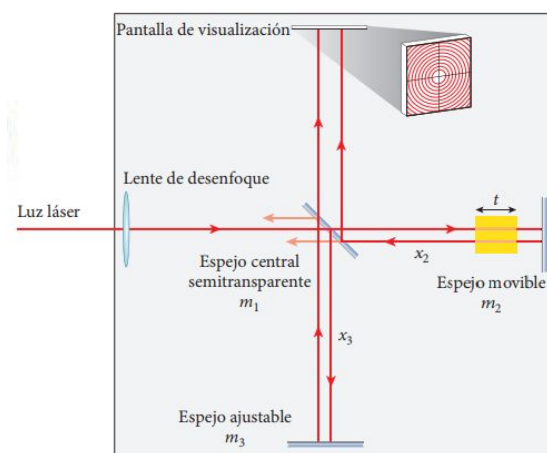


Fig. 1. Diagrama del interferómetro de Michelson

La distancia entre m_1 y m_2 es x_2 , y la distancia entre m_1 y m_3 es x_3 . La luz transmitida se refleja de completamente hacia m_1 de m_2 , igualmente es refleja totalmente por m_3 a m_1 . La alineación de la luz se encuentra de una forma que permite que los dos haces choquen en la pantalla de la visualización, los cuales son colineales.

La condición de interferencia para los dos haces se encuentra determinada por las diferencias en las distancias de las trayectorias, cuando los dos espejos se encuentran perpendiculares entre sí, la configuración de interferencia es una de anillos o franjas circulares. Al mover el espejo móvil, las franjas se colapsan o expanden, dependiendo de la dirección del movimiento.

En la práctica, se plantea elaborar un Interferómetro de Michelson, para lograr obtener el patrón de interferencia que éste es capaz de producir.

2. Objetivo:

Realizar un Interferómetro de Michelson para observar los patrones de interferencia obtenidos.

3. Desarrollo:

3.1. Materiales:

- Laser
- Película divisora de haz
- Espejo fijo
- Espejo móvil
- Soportes
- Pantalla

3.2. Métodos:

1. Posicionar el láser: debe estar recto (paralelo a la base del interferómetro). El haz debe incidir ortogonalmente en el centro del espejo móvil.
2. Ajustar espejo móvil: de forma que el haz reflejado por el espejo llegue a la abertura del láser.
3. Montar el espejo fijo: el haz reflejado por este espejo debe ser ortogonal al rayo saliente del laser.
4. Colocar lente amplificadora y colimadora.
5. Montar la pantalla en la base del interferómetro como se muestra (paralela frente al espejo fijo) en la figura 2.
6. Colocar el separador de haces: de forma que forme un ángulo de 45° con el haz láser incidente, y tal que el haz reflejado por separador incida en el centro del espejo fijo (el transmitido incide en el centro del espejo móvil).

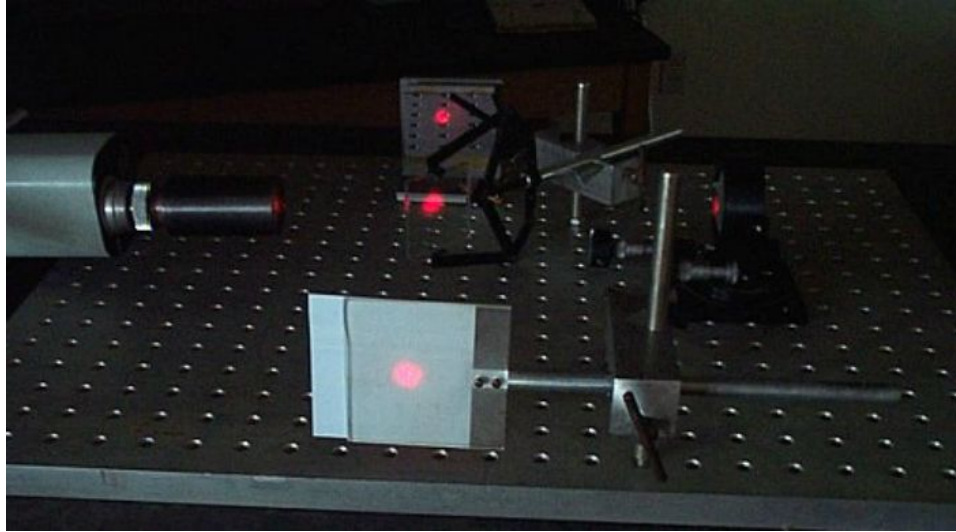


Fig. 2. Arreglo óptico para Interferómetro montado

4. Resultados:

5. Discusiones:

6. Conclusiones:

Por medio del interferómetro de Michelson se pueden realizar mediciones de a distancias precisas, tomando en cuenta la cantidad de franjas de interferencia que se mueven respecto de un punto de referencia. Sin embargo, los resultados de la práctica no fueron acuerdo a lo esperado, sin embargo, se observaron características que se presentaron con algunas características que se consideraron en relación a la interacción de la luz.

7. Referencias y Bibliografía:

Serway, R. A., Jewett, J. W. (2009). Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna, Vol. 2. 7ma ed. México, Distrito Federal: Cengage Learning.

Bauer, W., Westfall, G. D. (2011). Física para ingeniería y ciencias, con Física Moderna, Vol. 2. 1era ed. México, Distrito Federal: McGraw-Hill.