

Polarización de la luz Interferómetro de Michelson

Experiencias de laboratorio

Bergamín Mikael - Ayudante de segunda - FÍSICA II



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD
DE INGENIERÍA

Introducción

¿Qué es la polarización?

Es una característica de todas las ondas transversales.

Describe cómo las oscilaciones del campo eléctrico y magnético de la onda se orientan en el espacio, específicamente en el plano perpendicular a la dirección de propagación.

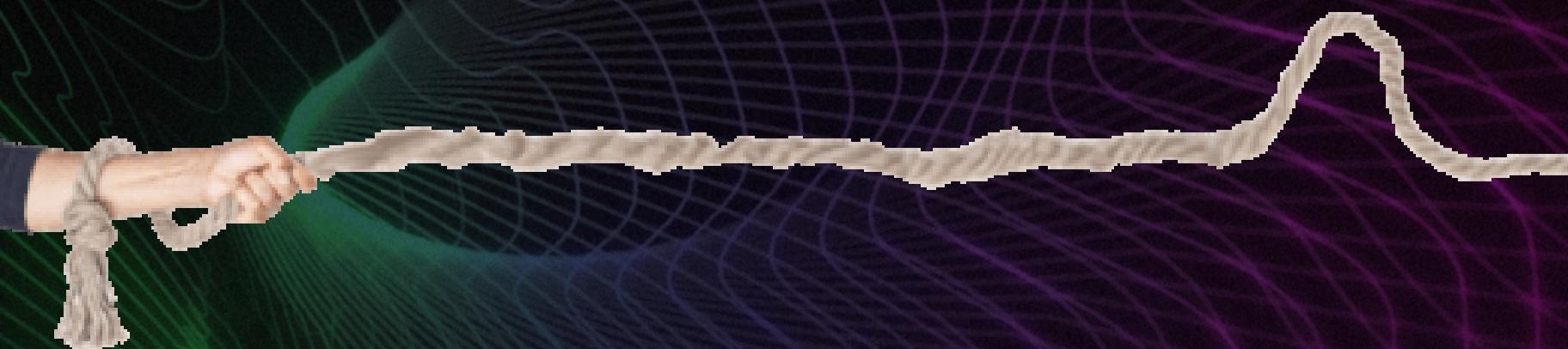


Analogía con cuerda vibrante

Imaginemos una cuerda sujetada de un extremo que es excitada en su otro extremo de forma oscillatoria hacia arriba y hacia abajo, veremos que las vibraciones ocurren en un solo plano vertical, y entonces diremos que la onda generada está **linealmente polarizada**.

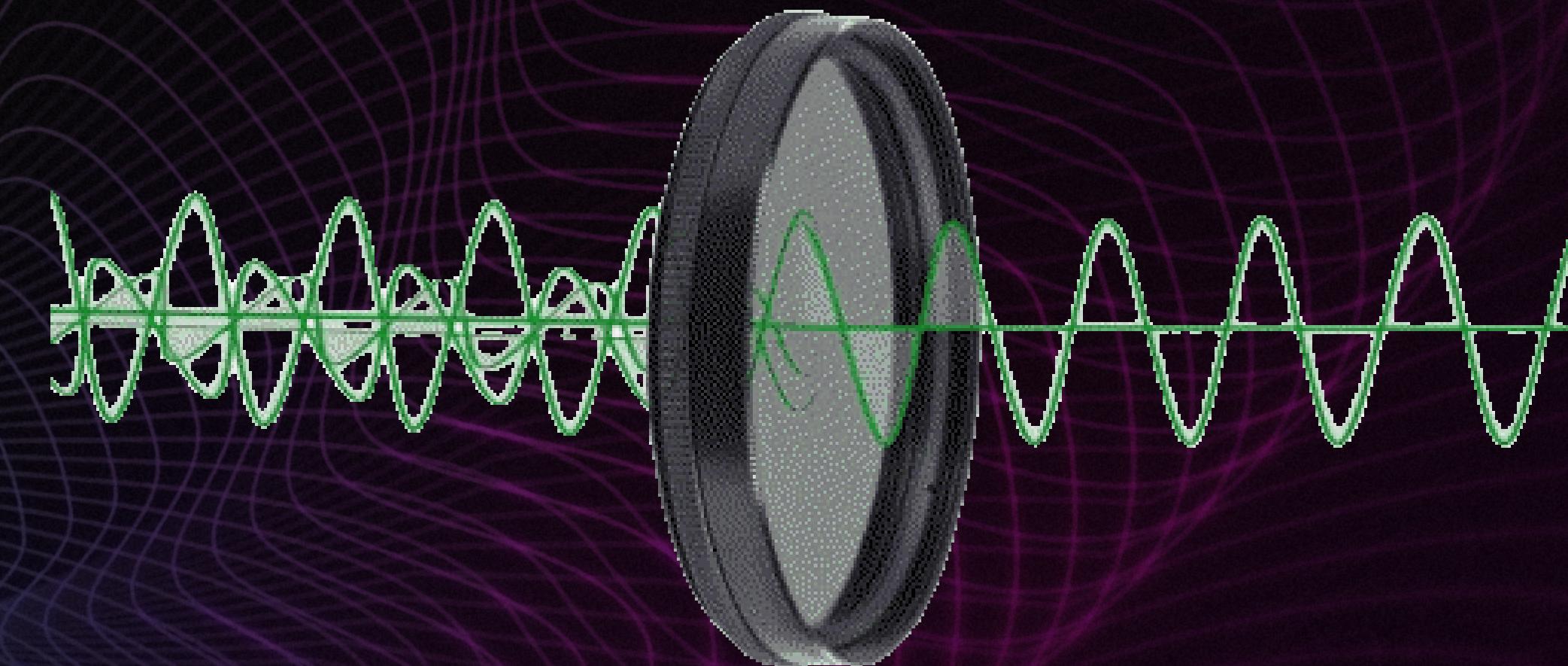
Luego como la cuerda siempre ocupa planos definidos por el **eje x** [dirección de propagación] y por el **eje y** [desplazamientos], decimos que la onda está **polarizada en un plano** [plano x-y].

Para ondas electromagnéticas se aplican las mismas denominaciones adoptando como dirección de propagación la dirección del vector **E**.



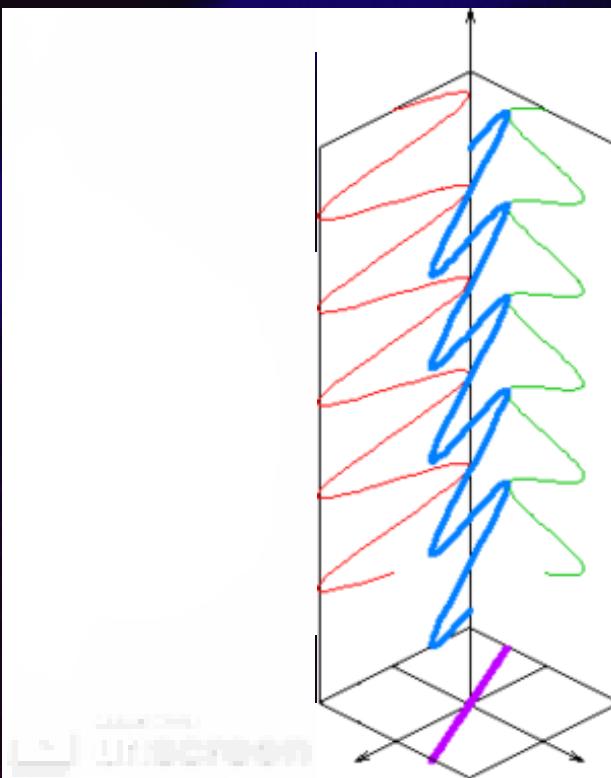
Filtro polarizador

Un polarizador es un elemento que permite la transmisión de ondas linealmente polarizadas, es decir, ondas con cierta dirección de polarización. Esta dirección esta definida en el polarizador por su “eje de polarización”. Según la función o sistema, a dicho filtro también se lo denomina “**analizador**”.



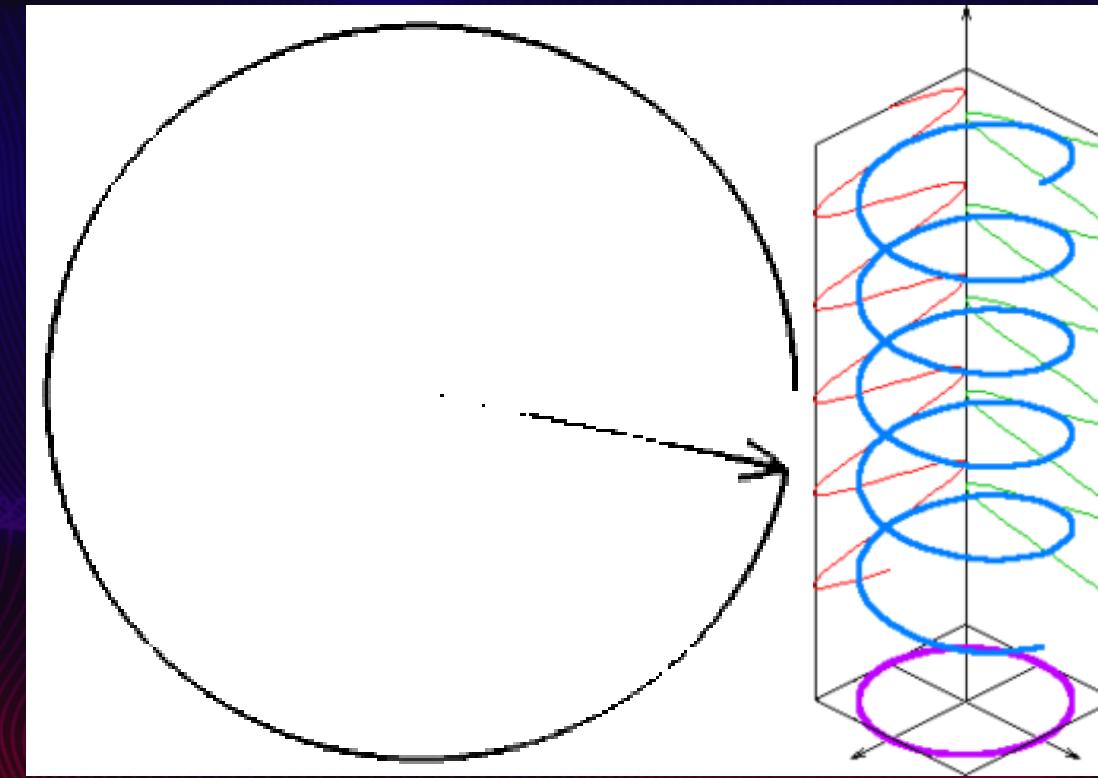
TIPOS DE POLARIZACIÓN

Podemos distinguir 4 tipos de polarización:



1. LINEAL

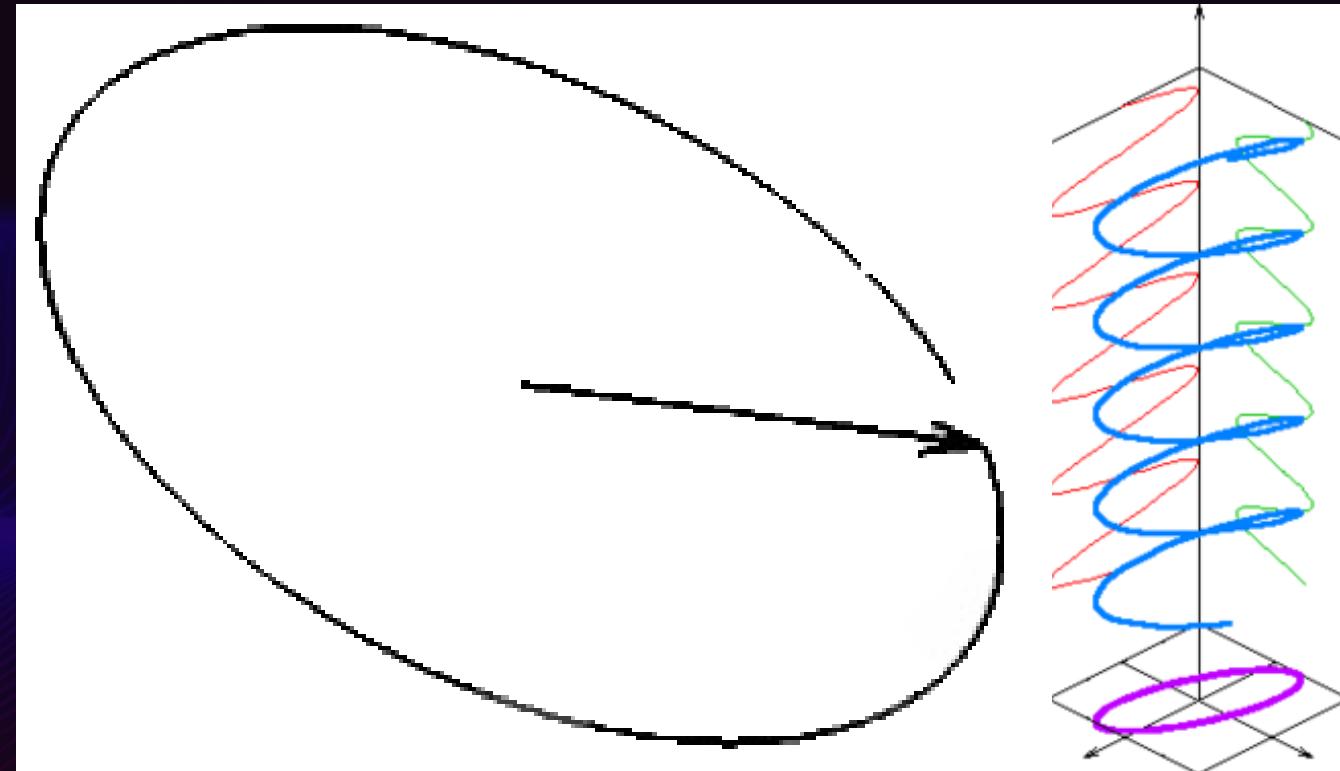
La oscilación del plano perpendicular a la dirección de propagación se produce a lo largo de una línea recta.



2. CIRCULAR

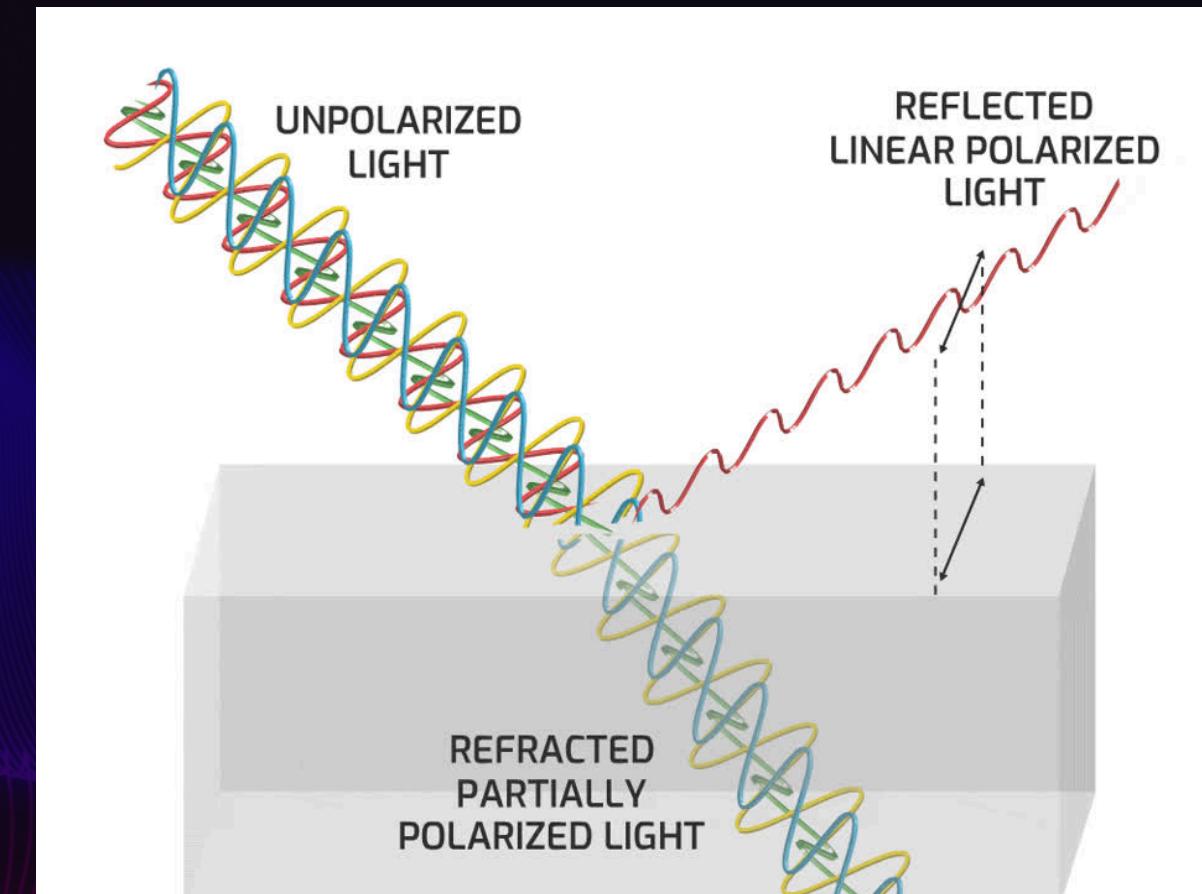
La trayectoria trazada en el plano por la punta del vector de campo eléctrico tiene la forma de una circunferencia

TIPOS DE POLARIZACIÓN



3. ELÍPTICA

Corresponde a cualquier otro caso diferente a los anteriores, es decir, las dos componentes tienen distintas amplitudes y el ángulo de desfase entre ellas es diferente a 0° y a 180° [no están en fase ni en contrafase].



4. POR REFLEXIÓN

Ocurre cuando un rayo de luz no polarizada incide oblicuamente sobre una superficie entre dos medios con distinto índice de refracción, la luz reflejada se polariza parcialmente produciendo que la componente del campo eléctrico **perpendicular** al plano de incidencia se refleje con mayor intensidad.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Ley de Malus

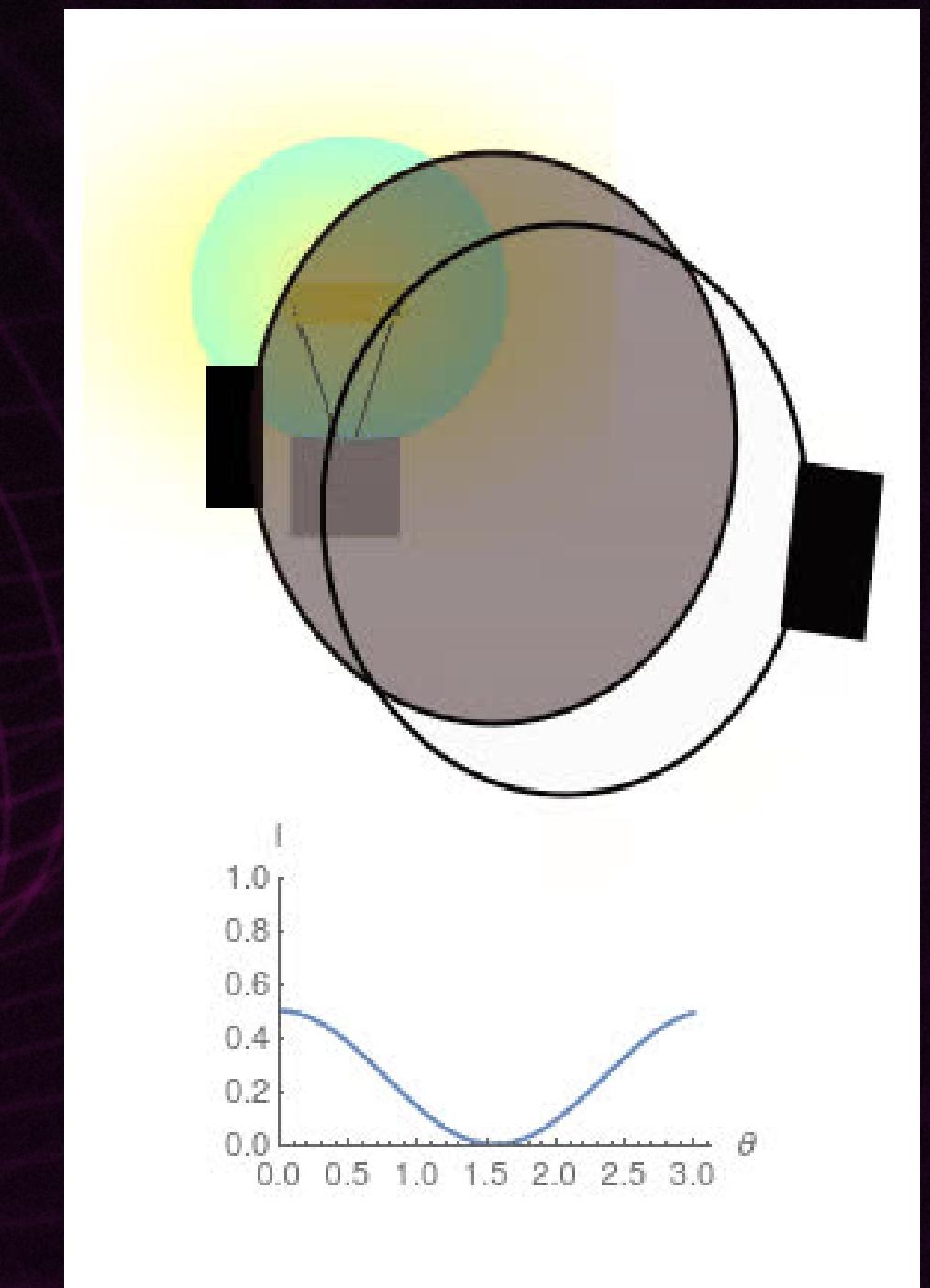
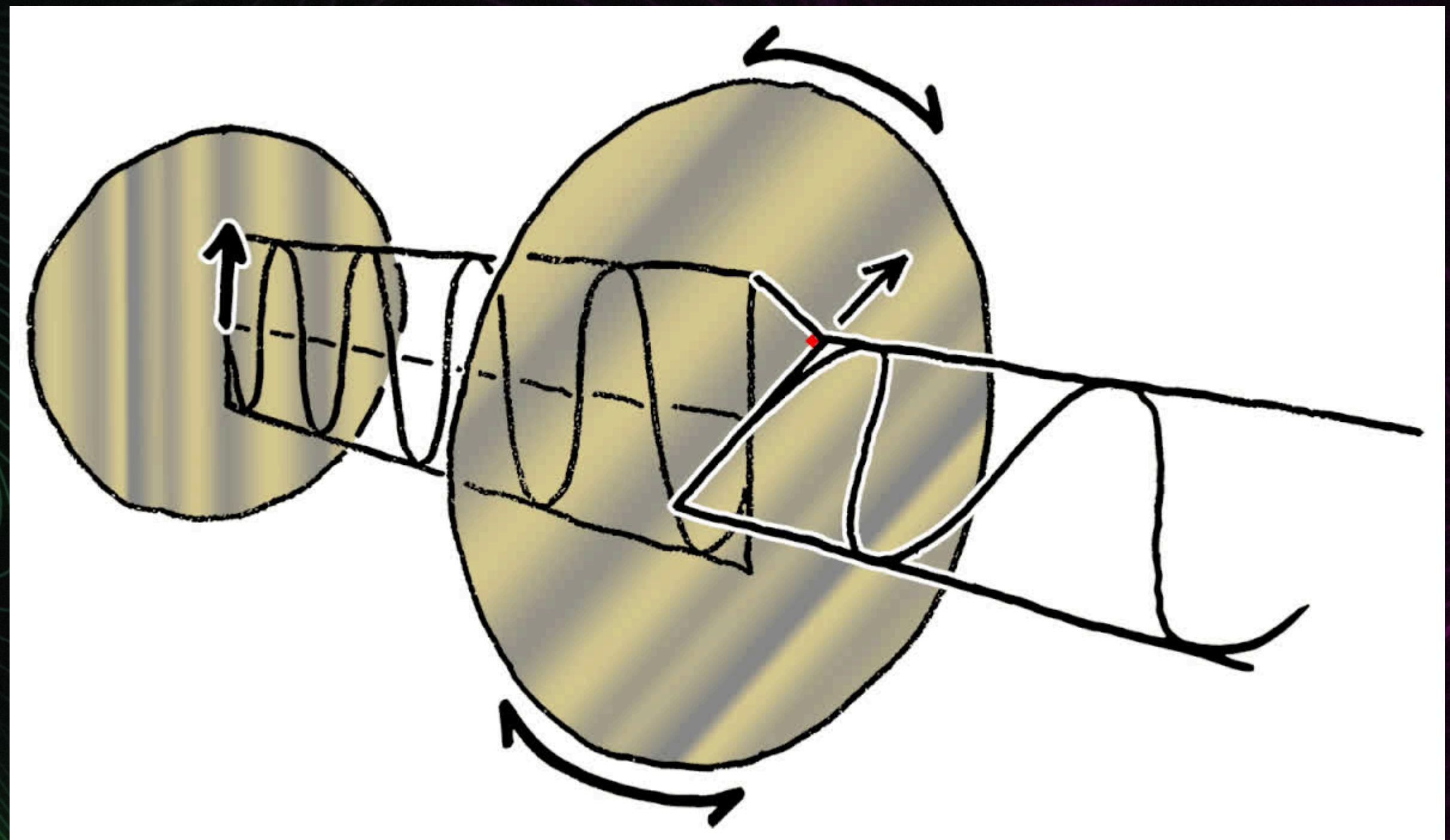
Si hacemos incidir un haz de luz polarizada, con cierta \mathbf{I}_{\max} , sobre un analizador cuyo eje de polarización forma un ángulo θ con el plano de polarización del haz, pasara a través del elemento una determinada intensidad \mathbf{I} dada por:

$$I = I_{\max} \cos^2 \theta_i$$

Esta ecuación se deduce partiendo de que la intensidad de una onda electromagnética es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda. La razón entre la amplitud transmitida y la incidente es $\cos\varphi$, por lo que la razón entre la intensidad transmitida y la incidente es $\cos\varphi^2$

$$I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{max}^2$$

Ley de Malus



Ley de Brewster

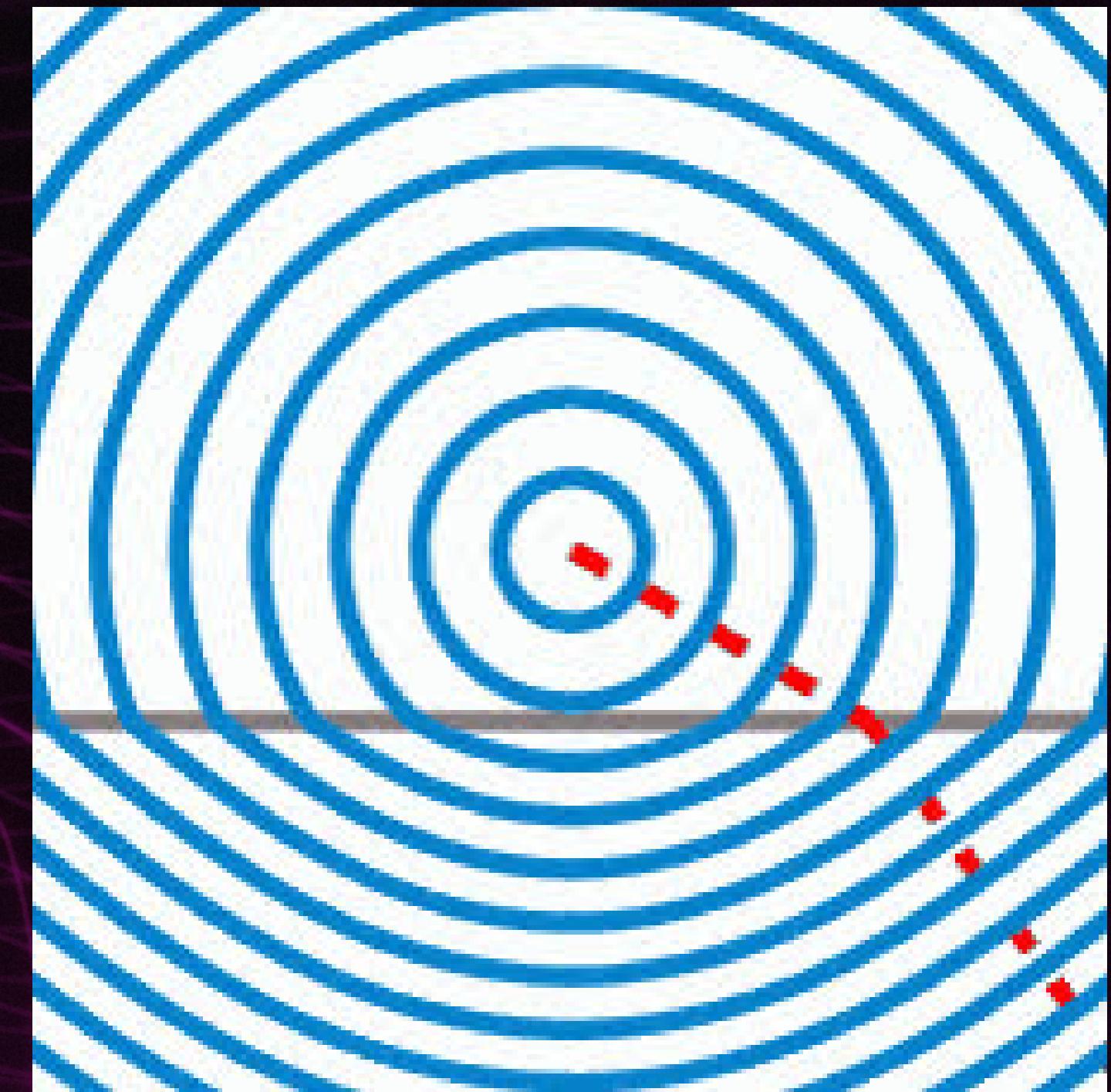
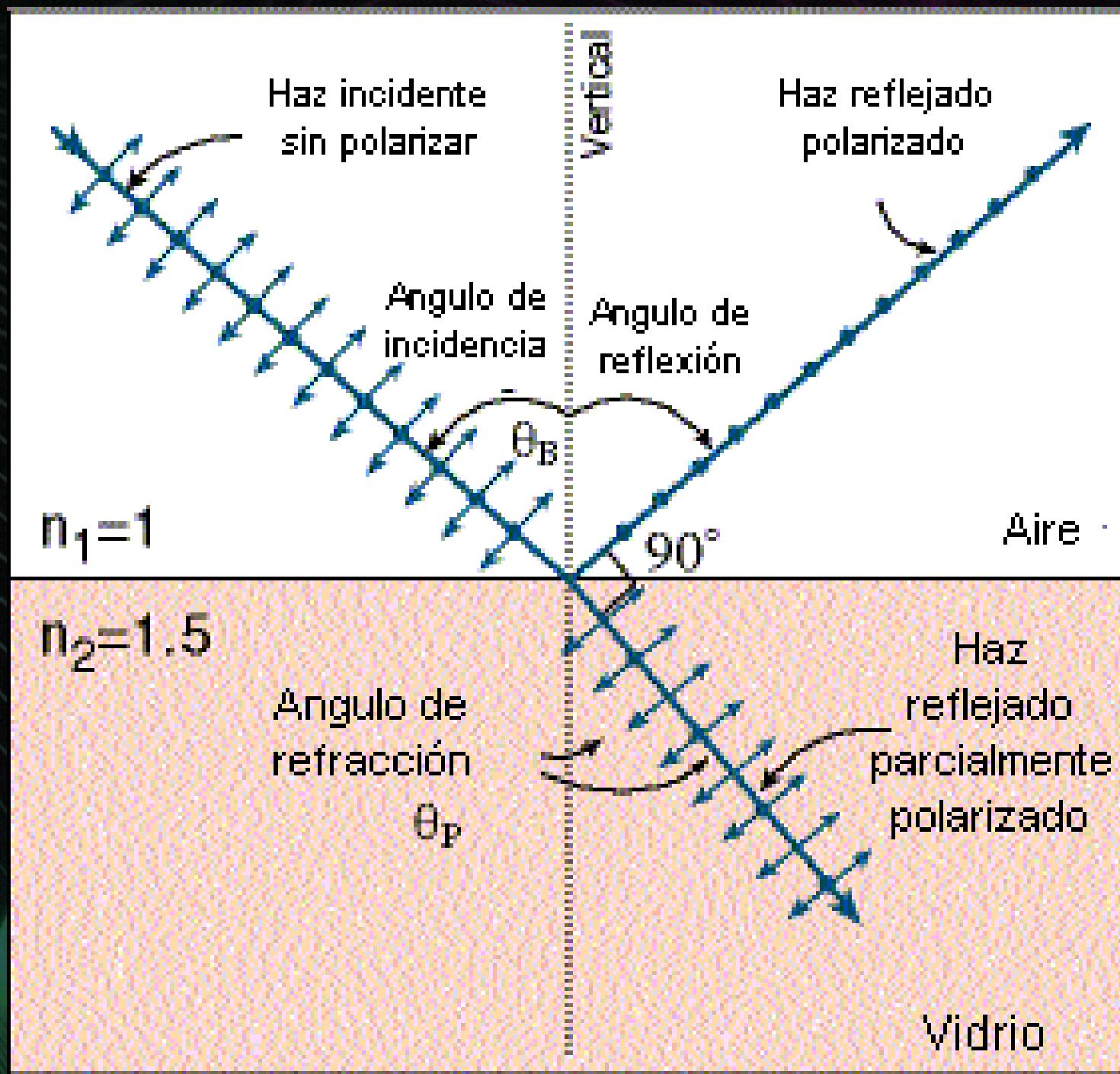
Si hacemos incidir un haz de luz **natural** sobre una superficie lisa de material no conductor, el haz reflejado se polariza parcialmente en un plano paralelo a la superficie reflectora; esta polarización es total para cierto ángulo de incidencia θ_B deducido de forma experimental como sigue:

$$n_a \sin \theta_r = n_b \sin \theta_b$$

$$n_a \sin \theta_b = n_b \sin(90^\circ - \theta_b) = n_b \cos \theta_b$$

$$\theta_B = \arctan \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

Ley de Brewster



EXPERIENCIAS DE LABORATORIO

Experiencia 1

Ley de Malus. Microondas

Objetivo

- Verificar la ley de Malus operando un sistema de radiación de microondas.

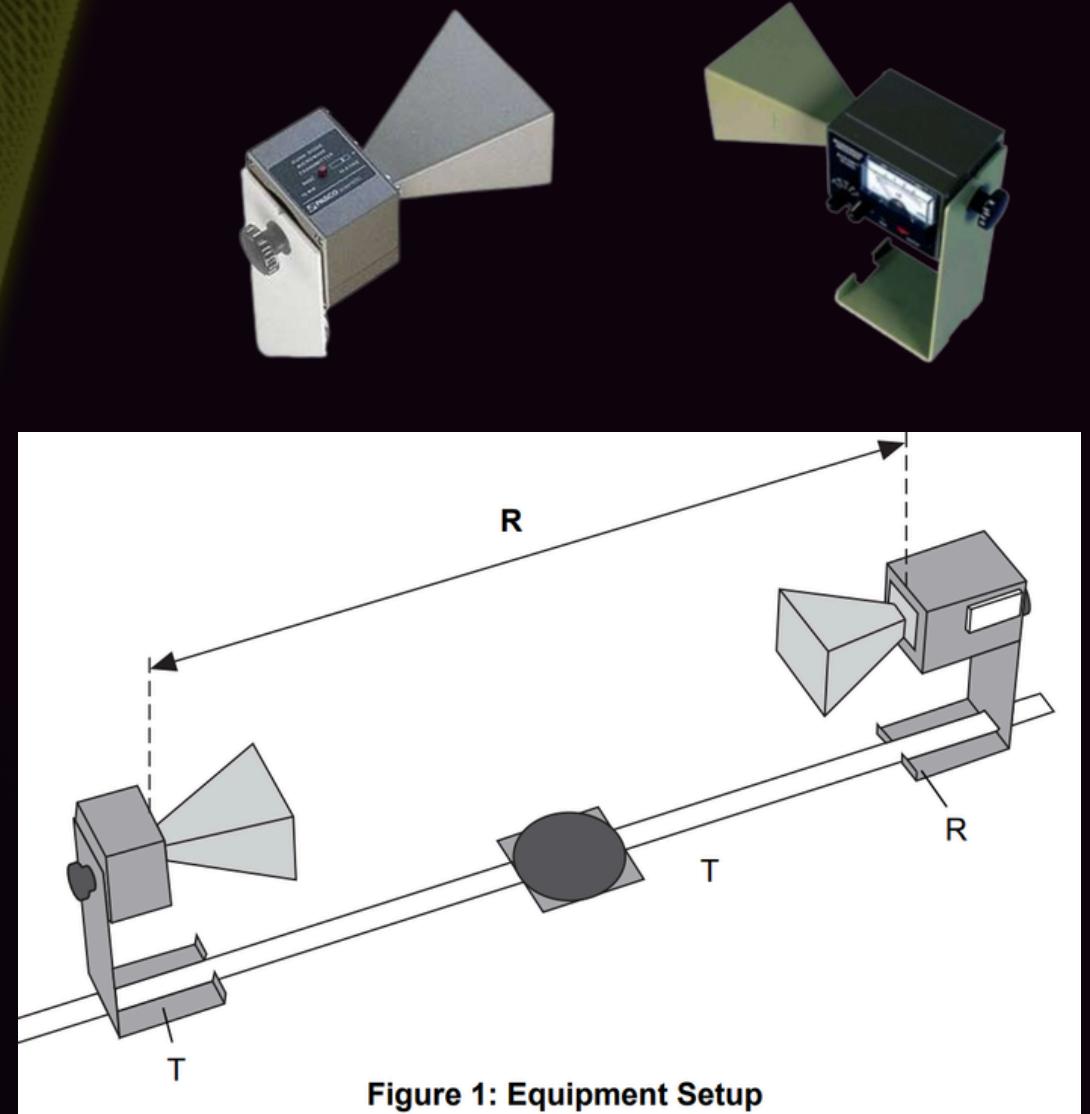
Equipamiento

- Transmisor a
- Receptor b
- Dos goniómetros.

El equipo que disponemos está formado básicamente por un transmisor y un receptor de microondas.

El **transmisor** provee una señal **coherente, linealmente polarizada**, con una frecuencia de 10,525 GHz y longitud de onda de 2,85 cm, que es emitida mediante un cuerno que determina su plano de polarización y permite direccionar la onda.

El **receptor** de microondas, que posee un cuerno idéntico al del transmisor, detecta únicamente la radiación que llega polarizada en el plano que determina la posición de su cuerno. Además contiene un medidor que da una lectura de **corriente** en mA, la cual es **proporcional** a la **intensidad** de la radiación incidente.

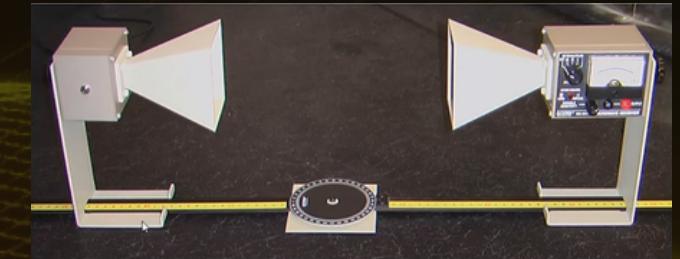


Procedimiento

01

Alineación lineal y encendido

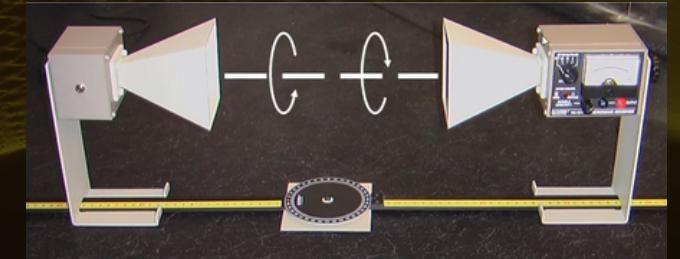
Alinear de forma enfrente transmisor y receptor, luego encender el emisor de microondas [polarizada].



02

Alineación angular

Una vez activado el receptor se debe alinear angularmente de forma que reciba la máxima intensidad emitida por el emisor, es decir que su plano de recepción coincida con el del emisor.



03

Elección de escala

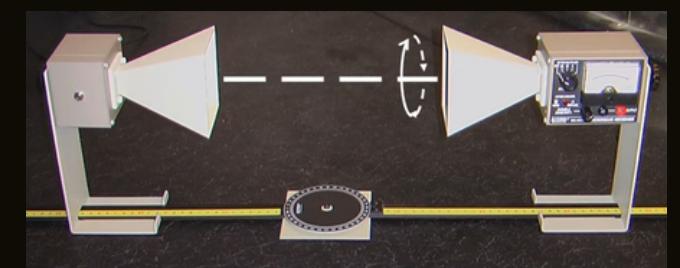
Se debe elegir una escala conveniente y ajustar hasta que la aguja marque un máximo de escala de 1.



04

Giro de cuerno receptor

Se mantiene fijo el cuerno emisor mientras se gira al cuerno receptor desde 0° a 180° en angulos de 15° .

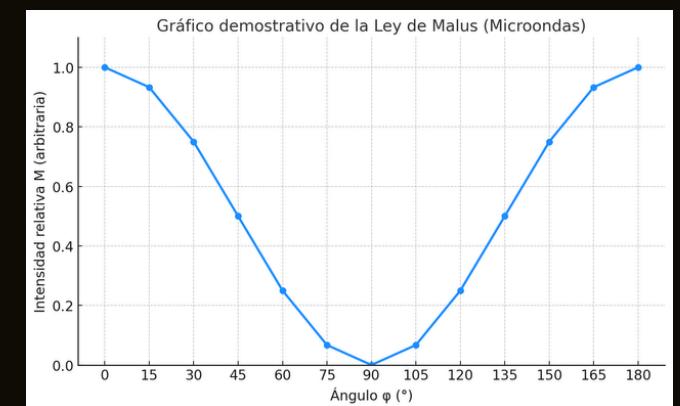


05

Análisis de resultados. Gráfica.

Construir tabla de valores de $M-\varphi$ y graficar $M = f[\varphi]$.

Luego corroborar si el grafico coincide con lo expresado por la Ley de Malus.



Experiencia 1

Ejercicio complementario

Objetivo

- Analizar el efecto de colocar un polarizador entre el transmisor y el receptor.

Equipamiento

- Transmisor a
- Receptor b
- Rejilla polarizador
- Dos goniómetros

Observar que el polarizador transmitirá ondas linealmente polarizadas en la dirección de su eje de polarización [dirección normal a las rejillas]. Asimismo, que interesa el ángulo (ω) formado por el eje de polarización y la dirección de polarización del haz emitido por el transmisor

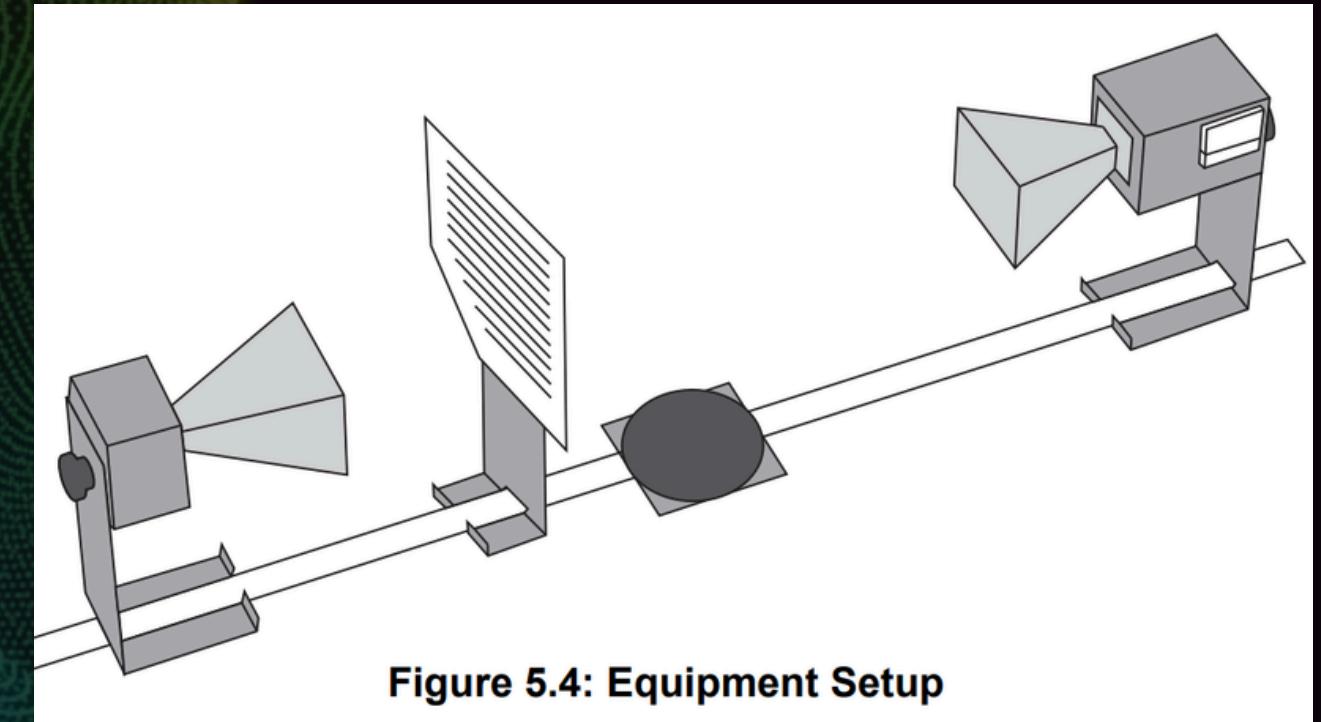
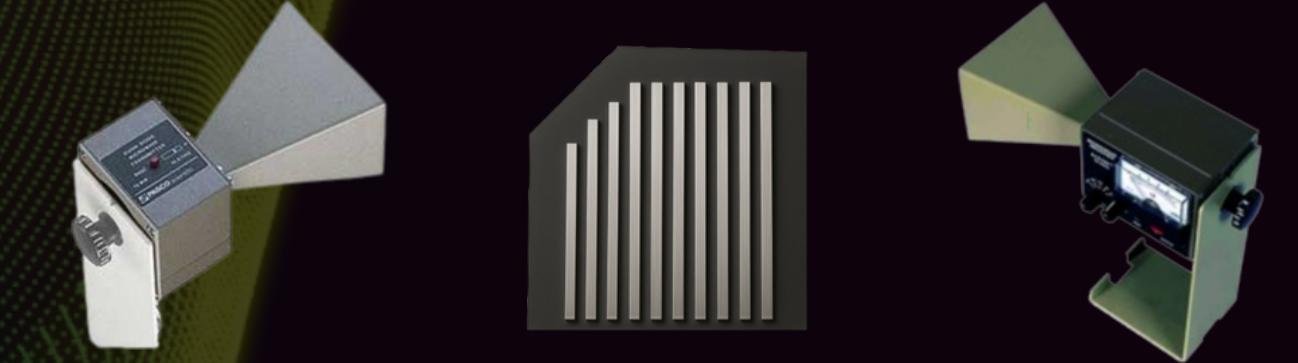


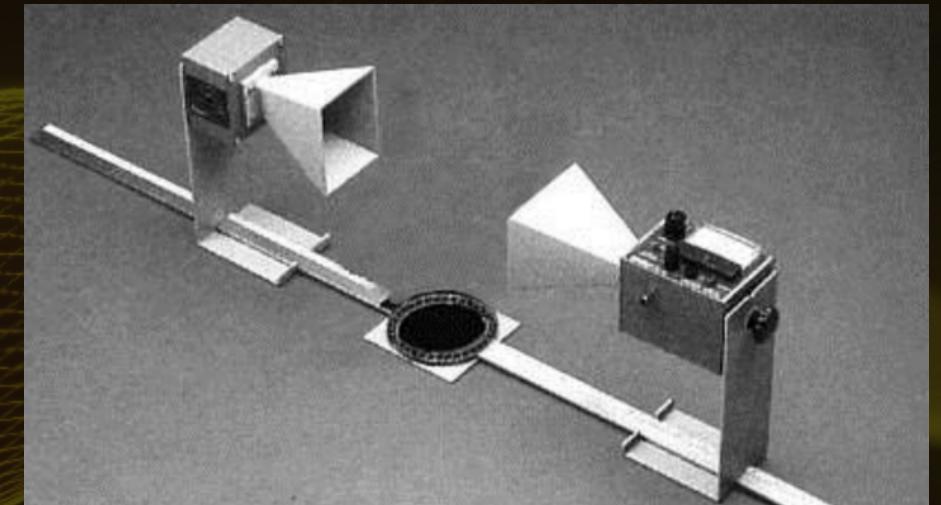
Figure 5.4: Equipment Setup

Ensayo preliminar

01

Alineación lineal a 90°

Enfrentar transmisor y receptor a 90° uno respecto del otro, encender emisor y *notar que en el receptor se mostrara una medición de 0mA.*

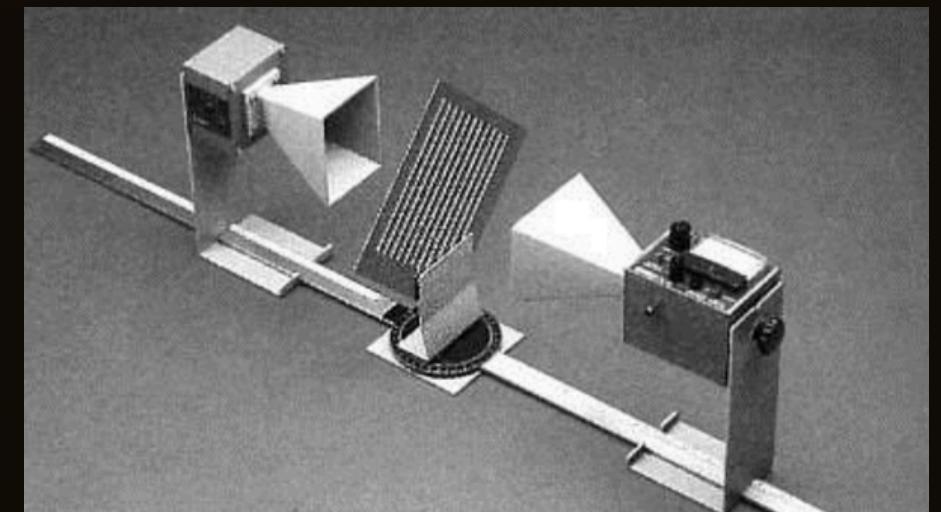


02

Colocar rejilla a $\omega=45^\circ$

Colocar polarizador [rejilla] de manera que $\omega=45^\circ$, y notar que curiosamente ahora el receptor muestra una medición, aunque menor a 1, pero ahora mayor que 0.

Esto sucede ya que al pasar por la rejilla a 45° , la luz ya no está solo verticalmente polarizada, sino que tiene una componente que se proyecta parcialmente y que ahora puede pasar también al receptor.



Ensayo cuantitativo

03

Alineamiento y calibrado

Ahora colocar paralelos los cuernos del transmisor, del receptor y el eje de polarización de la rejilla [$\omega = 0^\circ$].

Activar el transmisor y ajustar los controles del medidor de modo que su lectura M sea a fondo de escala.

04

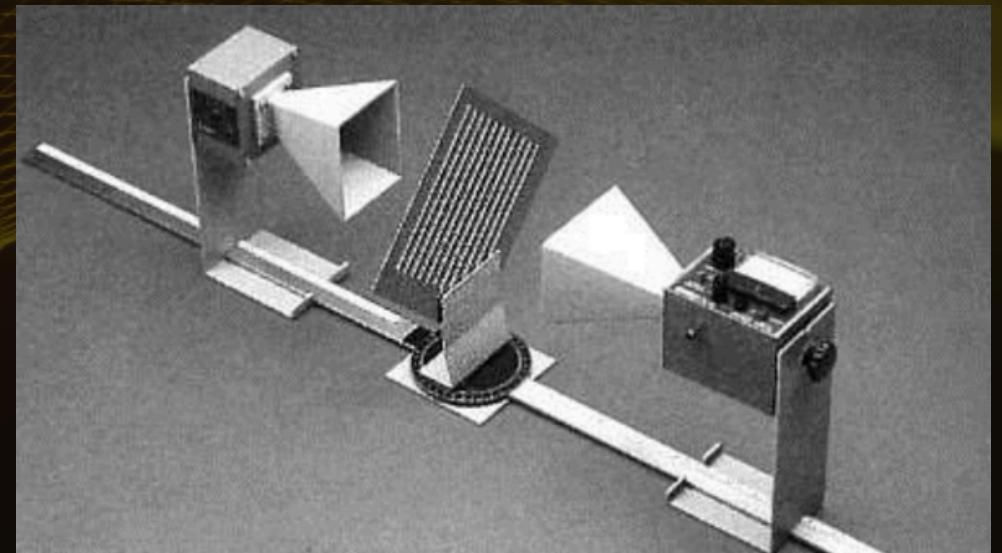
Giro de rejilla polarizador

Se mantienen fijos emisor y receptor, y se gira el polarizador en ángulos de: $\omega=0^\circ$ / $\omega=45^\circ$ / $\omega=90^\circ$.

05

Comparación y análisis de resultados

- $\omega = 0^\circ$: máxima transmisión $\rightarrow I = I_{\max} \cdot \cos^2(0^\circ) = I_{\max}$
- $\omega = 45^\circ$: transmisión parcial $\rightarrow I = I_{\max} \cdot \cos^2(45^\circ) = \frac{I_{\max}}{2}$
- $\omega = 90^\circ$: nula o casi nula transmisión $\rightarrow I = I_{\max} \cdot \cos^2(90^\circ) = 0$



Experiencia 2

Ley de Malus. Luz natural

Una lámpara clásica proporciona luz visible, no polarizada o natural, es decir su radiación comprende ondas linealmente polarizadas en **todas las direcciones transversales posibles** y de longitudes de onda de **todo el espectro visible**.

Para verificar la Ley de Malus se necesita luz polarizada, entonces utilizaremos un filtro “Polaroid”.

Objetivo

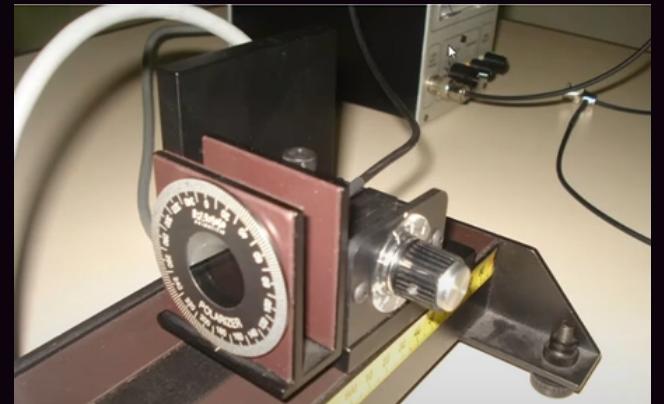
- Verificar la ley de Malus operando un sistema óptico con luz natural.

Equipamiento

- Banco óptico
- Lámpara de filamento incandescente
- Polarizador graduado
- Analizador graduado
- Fotómetro



Fotómetro



Polarizador



Analizador



Lámpara con polarizador

Procedimiento

01

Disposición y alineado

Disponer los elementos como en la figura 11.4, controlar alineación y posiciones correctas de polarizador y analizador ubicando en ellos sus respectivos ejes de polarización.

02

Rotación de analizador

Rotaremos el analizador de modo que la posición angular de su eje de transmisión varíe, desde 90° hasta 270° con respecto al eje del polarizador, tomando intervalos de 10° .

03

Análisis de resultados. Gráfica.

Construir tabla de valores medidos con el fotómetro y correspondientes ángulos. Graficar.

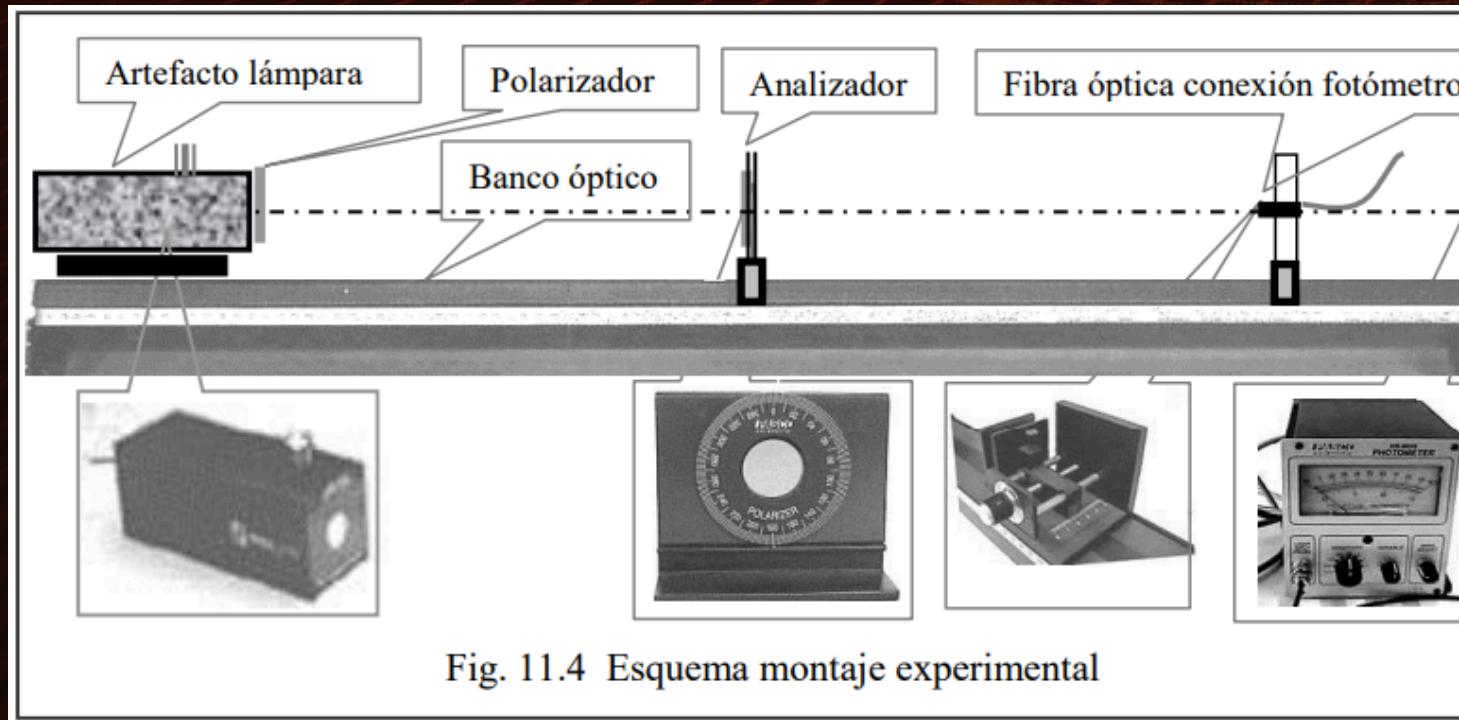
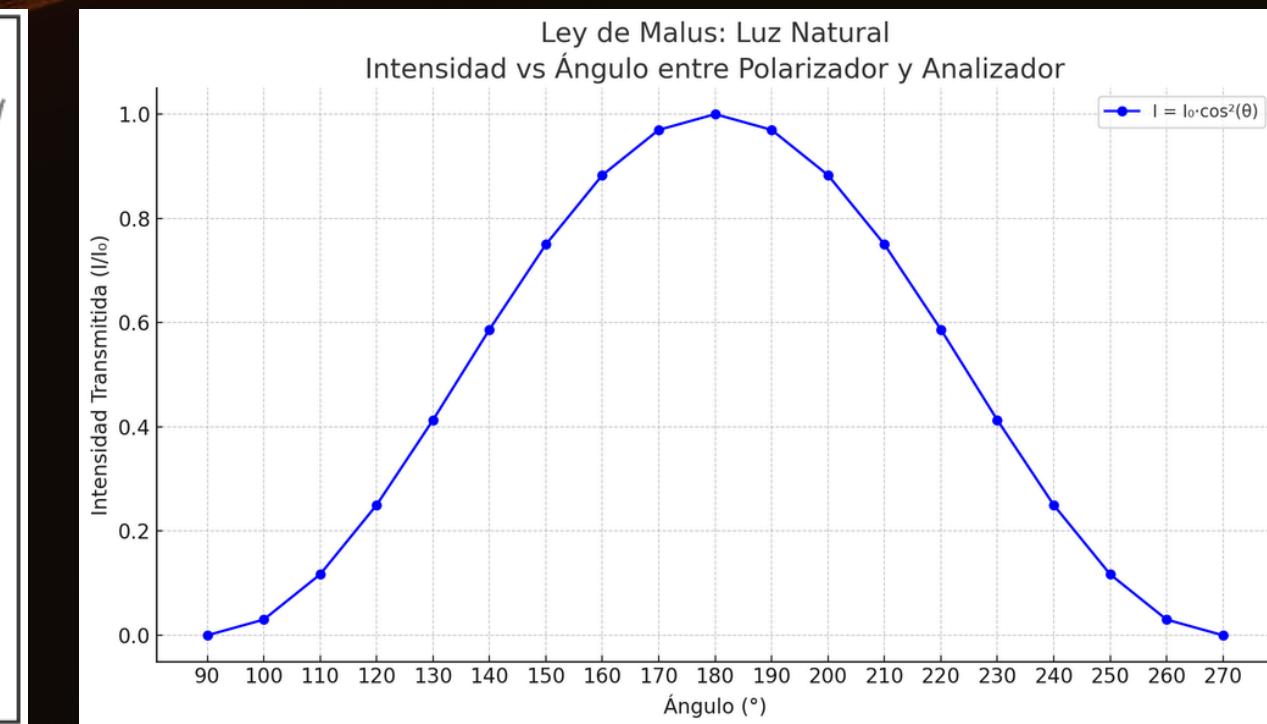


Fig. 11.4 Esquema montaje experimental



Experiencia 3

Ley de Brewster. Polarización por reflexión. Fuente láser.

Se dispone de una fuente laser de helio-neon que entrega un haz de ondas **coherentes**, de longitud de onda $\lambda=632,8$ nm [visible, rojo].

Objetivo

- Determinar el índice de refracción de una resina acrílica aplicando la ley de Brewster.

Equipamiento

- Fuente de luz láser.
- Banco óptico.
- Goniómetro.
- Polarizador [placa Polaroid] con accesorios para montaje en el banco e indicación de su eje de polarización.



Fuente de luz laser

Procedimiento

01

Disposición y alineado

Preparar el equipo como indica la Figura 11.6 y controlar alineación del láser.

02

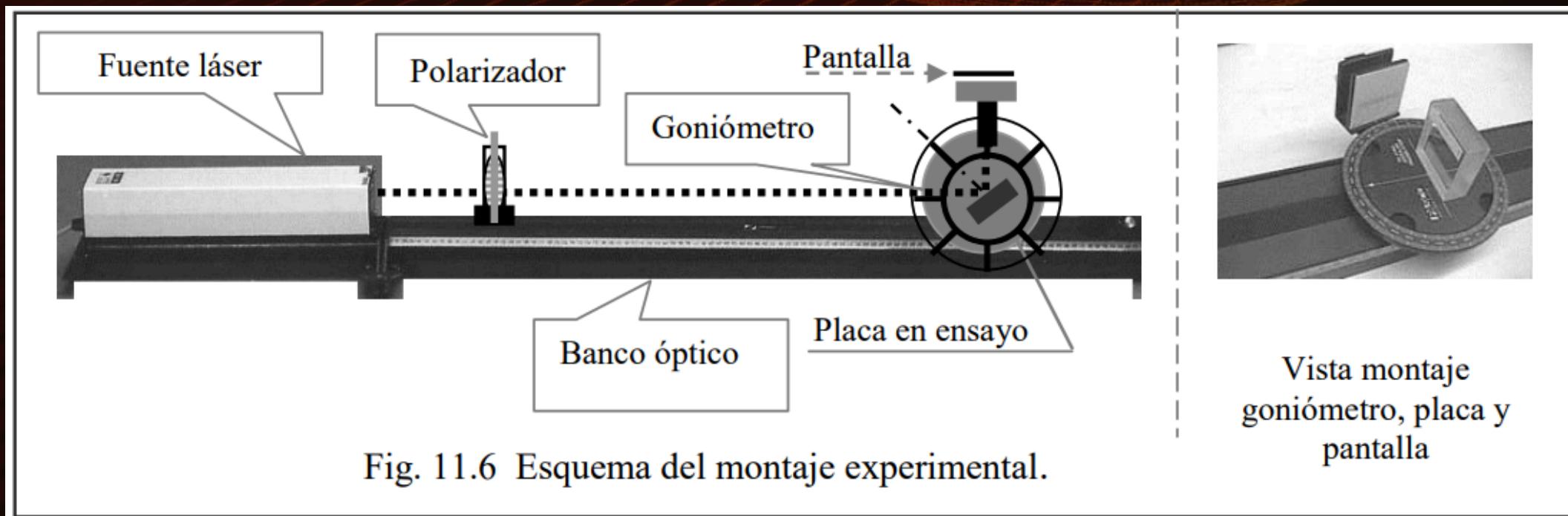
Verificación de luz polarizada

Rotando el polarizador, verificar si la luz que entrega el láser está polarizada, de modo que si así lo fuera observaríamos que la intensidad va variando y en un determinado momento la misma será cero, ya que el ángulo entre fuente y polarizador será de 90° .

03

Rotación base de goniómetro

Ubicar el polarizador para que polarice en el plano horizontal. Rotar la base del goniómetro hasta que la imagen reflejada sea mínima. Luego medir el ángulo θ hallado y calcular $n = \tan[\theta]$.



$$n_a \sin \theta_r = n_b \cos \theta_b$$

$$\theta_B = \arctan \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

APLICACIONES DE LA POLARIZACIÓN

Aplicaciones

01

Gafas de sol polarizadas

Bloquean la luz reflejada polarizada horizontalmente, reduciendo el deslumbramiento y mejorando la visibilidad en superficies como agua, asfalto o nieve.



02

Pantallas LCD y dispositivos electrónicos

Utilizan filtros polarizadores para controlar la luz que pasa a través de los píxeles, mejorando el contraste y la calidad de imagen.



03

Microscopía de luz polarizada

Permite estudiar la estructura y composición de materiales anisotrópicos, minerales, polímeros y tejidos biológicos, revelando detalles invisibles con luz no polarizada.



04

Comunicación óptica

La polarización se manipula para maximizar la eficiencia en la transmisión de datos por fibras ópticas y sistemas de comunicación láser.

Fotoelasticidad

Técnica para estudiar la distribución de tensiones en materiales mediante la observación de patrones de luz polarizada, útil en ingeniería y control de calidad.

