

# Clase 10

Redes de difracción y polarización

Laboratorio de física 2 para químicos

# 1) Explicación teórica



## I-Redes de difracción

- Una red de difracción es una estructura repetitiva que se utiliza para introducir una perturbación periódica en un frente de onda.
- Entre las configuraciones más sencillas se encuentra la red plana de **transmisión** formada por una serie de rendijas idénticas y equiespaciadas.
- Si un frente de ondas plano incide sobre una red y observamos la difracción de Fraunhofer en una pantalla alejada, la distribución de intensidad la podemos expresar por:

$$I = I_o \left( \frac{\text{sen } \beta}{\beta} \right)^2 \left( \frac{\text{sen } N\alpha}{\text{sen } \alpha} \right)^2$$

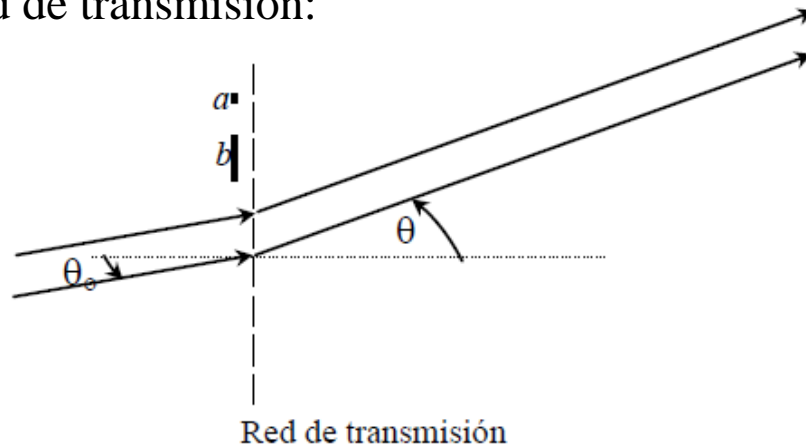
donde  $\beta = (\pi a/\lambda)(\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_0)$ ;  $\alpha = (\pi b/\lambda)(\text{sen}\theta - \text{sen}\theta_0)$ ,  $\lambda$  es la longitud de onda.,  $\theta_0$  es el ángulo que forma el haz incidente con la red y  $\theta$  es el ángulo que forma el haz que estamos observando sobre la pantalla.

- El primer factor entre paréntesis está referido a la **difracción** producida por cada rendija de ancho  $a$  presente en la red.
- El segundo factor proviene de la **interferencia** entre las  $N$  rendijas de la red, las cuales se hallan separadas por una distancia  $b$ .

# 1) Explicación teórica

## I-Redes de difracción

Geometría de red de transmisión:



- Al variar  $\theta$  esta intensidad irá cambiando haciéndose máxima o mínima (cero) para valores específicos de  $\alpha$  y  $\beta$  determinando una serie de máximos principales en la pantalla de observación (existen máximos secundarios mucho menos intensos entre los máximos principales).
- A su vez cada rendija produce sobre la pantalla el patrón de difracción característico de una rendija.
- El resultado de esta combinación es la **interferencia** de las múltiples rendijas modulada por la figura de **difracción**.
- Dado que en este caso la campana central de **difracción** es mucho más ancha que la separación entre los máximos de **interferencia**, los órdenes que usualmente se ven con una red son los provenientes de la **interferencia** producida por las  $N$  rendijas.

# 1) Explicación teórica

## I-Redes de difracción

➤ Si nos concentramos entonces en el factor de **interferencia** encontramos que se hace máximo cuando se cumple que:

$$\alpha = m \pi$$

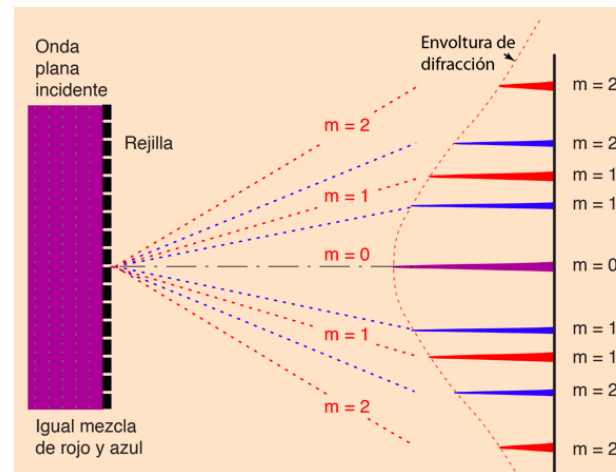
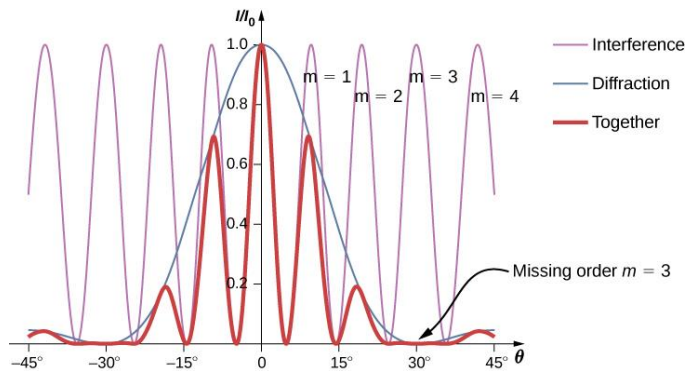
$$m = 0, \pm 1, \pm 2$$

➤ **m** se denomina orden de **interferencia**. Reemplazando en la expresión de  $\alpha$  resulta que:

$$\boxed{\text{sen } \theta_m - \text{sen } \theta_0 = m \lambda / b} \quad \text{Ecuación de la Red}$$

donde el ángulo  $\theta_m$  correspondiente al máximo de interferencia **m**.

Observación: si el haz incidente no es monocromático, esta expresión vale para cada longitud de onda presente en el haz.



La red difracción es una herramienta que sirve separar los colores de la luz incidente.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/grating.html>

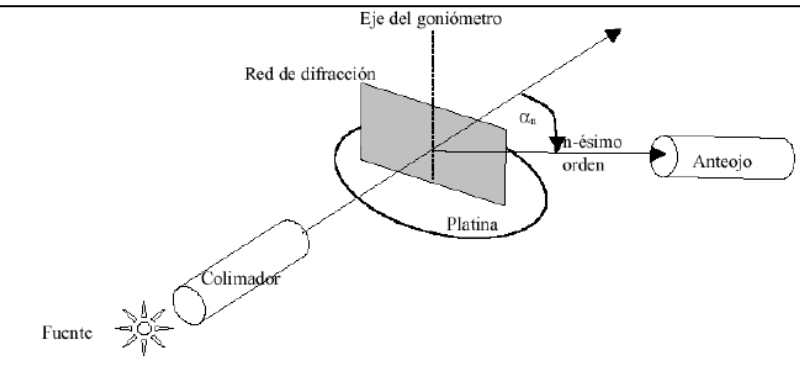
<http://materias.df.uba.ar/f2qa2018c1/2018/06/page/2/>

# 1) Explicación teórica

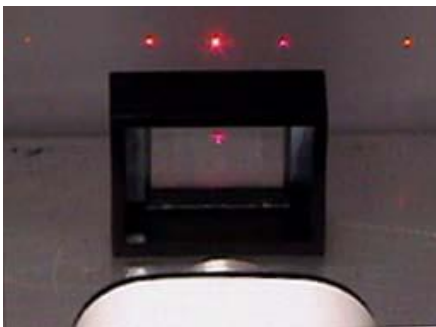
## I-Redes de difracción

### Experimento:

#### Esquema:



#### Red de difracción:



#### Foto del experimento:



Observación: el goniómetro es necesario calibrarlo previamente a la medición.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/grating.html>

# 1) Explicación teórica

## II-Polarización: Ley de Malus [1,2]

- La luz en una onda **transversal**, puesto que se propaga en dirección perpendicular al plano que determinan el campo eléctrico **E** y el magnético **B**, ambos de carácter vectorial.
- Las oscilaciones predecibles de los campos definen distintos estados de polarización de la luz, es decir, siempre paralelamente a una dirección fija es una **polarización lineal** o con el vector que describe la vibración rotando a una frecuencia dada alrededor de la dirección de propagación es una **polarización circular**.
- Tanto la luz lineal como circular se pueden considerar casos particulares de **luz elípticamente polarizada**.
- Un aparato óptico cuya energía de entrada es la luz natural y cuya salida es alguna forma de luz polarizada es un **polarizador**.
- Si se disponen dos polarizadores en forma consecutiva, se comprueba que la intensidad de la luz transmitida por el segundo polarizador (analizador) depende del ángulo  $\theta$  que forman los ejes de polarización de ambos dispositivos.
- Esta relación viene expresada en la **Ley de Malus**:

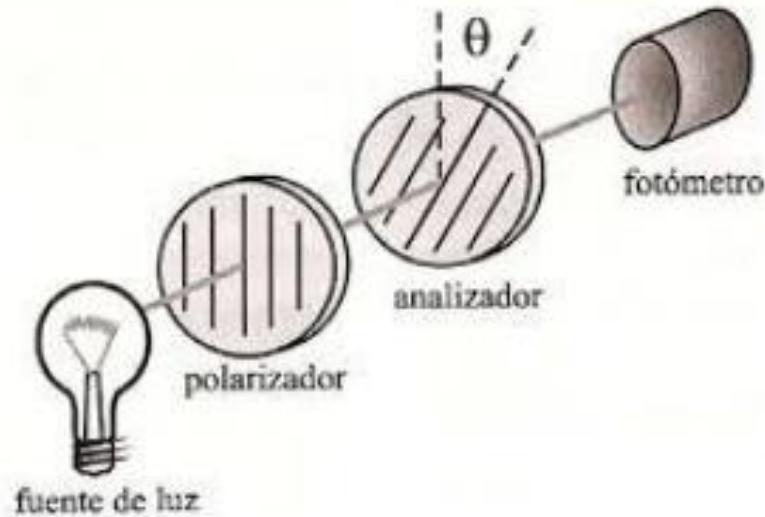
$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

Donde  $I_0$  es la intensidad de la luz transmitida por el primer polarizador.

# 1) Explicación teórica

## II-Polarización: Ley de Malus

### Experimento:



- La luz es emitida por la fuente de forma no polarizada, incide en el primer polarizador y se transmite linealmente polarizada, luego incide en el segundo polarizador, llamado analizador.
- El analizador cuenta con un sistema que permite medir el ángulo  $\theta$  que forma su eje con respecto al eje del polarizador.
- Como detector se usa un fotómetro calibrado que recibe la luz y produce una señal que se asocia a un valor de intensidad.

Videos explicativos:

[https://www.youtube.com/watch?v=LpZre\\_KIDM0](https://www.youtube.com/watch?v=LpZre_KIDM0)

<https://www.youtube.com/watch?v=mJ6UVJbMzSw>



## 2) Objetivos de la práctica

### I-Redes de Difracción

➤ Estudiar una red de difracción midiendo el espectro emitido y su poder de resolución con distintas longitudes de onda.

### II-Polarización: Ley de Malus

➤ Estudiar la ley de Malus variando el ángulo entre polarizadores y midiendo la intensidad resultante.

## 3) Arreglo experimental:

### I-Redes de Difracción

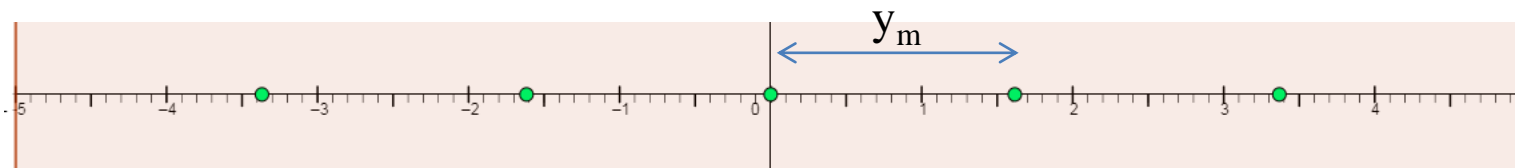
➤ Usar el applet: <https://ophysics.com/15b.html>

➤ Elegir una longitud de onda, la distancia **máxima** de la pantalla,  $L$ , (“Lens to Grating Distance”) y un número de **líneas/mm** en la red de difracción (“Grating lines per millimeter”).

➤ Recuerde que: la distancia entre rendijas  $b = 1\text{mm}/\#\text{líneas}$  (“grating lines”)

➤ Mida la distancia de los puntos (patrón de interferencia)  $y_m$  sobre la regla del simulador que está en metros.

➤ Grafique  $y_m$  vs  $mL/b$ , donde  $m$  es el orden de interferencia. ¿Qué se obtiene de la pendiente? Compare con el valor de la simulación elegido.





### 3) Arreglo experimental:

- Observación: Se puede usar la aproximación  $\sin(\theta) \sim \tan(\theta) \sim y_m/L$ , donde  $L$  es la distancia de la red de difracción a la pantalla (“Lens to Grating Distance”).
- De esta forma la ecuación de la red se puede reescribir como:

$$\frac{y_m}{L} = \frac{m\lambda}{b} \quad \text{Ecuación de la Red aproximada} \\ \text{(con } \theta_0 = 0 \text{)}$$

- Repita la misma medición y el mismo ajuste para la longitud de onda más cercana a la elegida en el punto anterior, de forma tal que el patrón de interferencia se pueda distinguir del caso elegido en el ítem anterior (poder de resolución de la red de difracción).
- ¿Se podría utilizar esta red de difracción para distinguir el doblete de una lámpara de sodio?

## II-Polarización: Ley de Malus

- Usar el applet: <https://www.uv.es/indooptic/applets/Malus/index.html>
- Seleccionar el 1er polarizador en  $0^\circ$ , prender el 2do polarizador y apagar el 3er polarizador.
- Variar el ángulo del 2do polarizador y medir la intensidad de la luz.
- Graficar  $I$  vs  $\cos^2(\theta)$  ¿Qué puede analizar de los resultados obtenidos? Realizar un ajuste.
- Graficar  $I$  vs  $\cos(\theta)$  ¿Qué forma de curva espera obtener? Realizar un ajuste.
- Graficar  $I$  vs  $\theta$  ¿Qué función representa esta curva?

Pausa

Volvemos en 10 min

# Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

Subir figuras a:

[https://docs.google.com/document/d/1Eqy44K1Cnxpgl2LYzf2ImdKft6AGUZ\\_IOu8i9q99-nU/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1Eqy44K1Cnxpgl2LYzf2ImdKft6AGUZ_IOu8i9q99-nU/edit?usp=sharing)

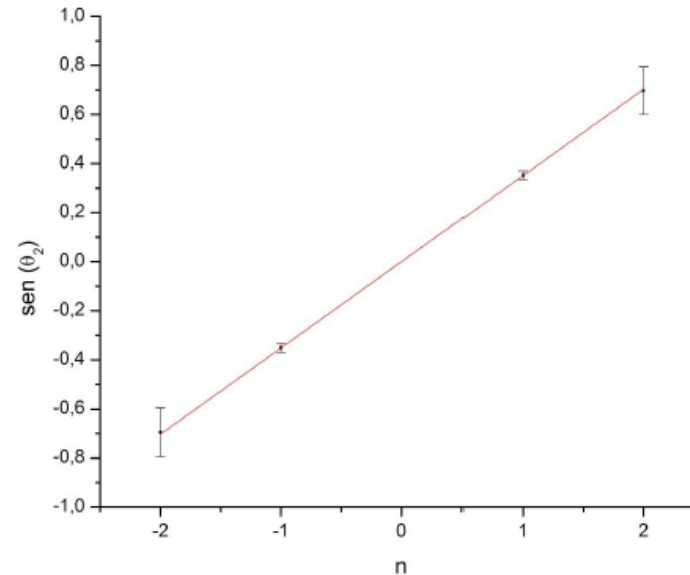
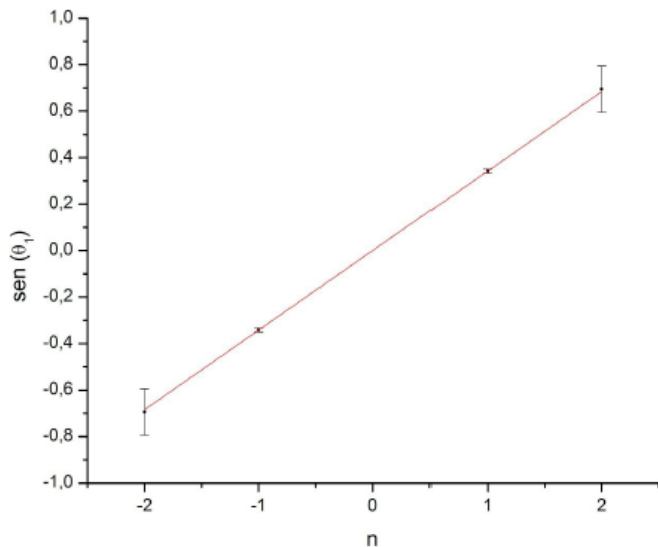
# Trabajo en salas por 1 hora

## 4) Algunos resultados y análisis

### I-Redes de difracción

- De la pendiente del gráfico  $y_m$  vs  $mL/b$  se obtiene  $\lambda$ .
- ¿Qué poder de resolución se obtuvo?
- ¿Se podría utilizar esta red de difracción para distinguir el doblete de una lámpara de sodio?

Resultados medidos en el laboratorio (ángulo medido con el goniómetro):



## 4) Algunos resultados y análisis

### I-Redes de difracción

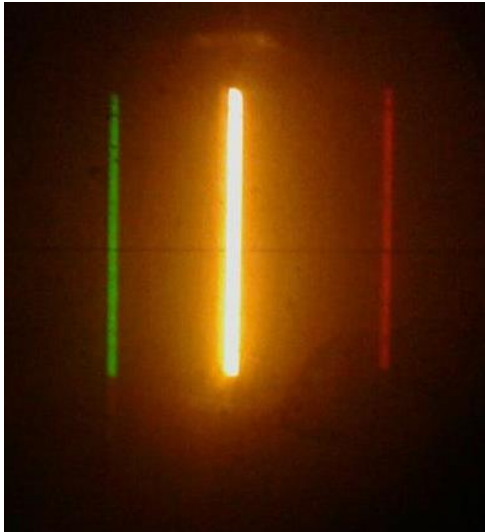


Imagen del espectro de emisión del sodio observado desde el anteojo del goniómetro. Se observa que la banda más intensa corresponde al naranja.



Las pistas de un CD actúan como una **red de difracción**, produciendo una separación de los colores de la luz blanca.

La separación nominal de las pistas en un CD es de 1,6 micrómetros, correspondiente a unos 625 pistas por mm.

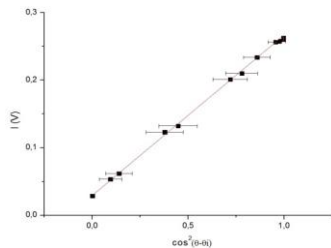
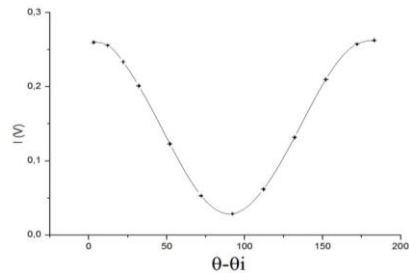
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/grating.html>

## 4) Algunos resultados y análisis

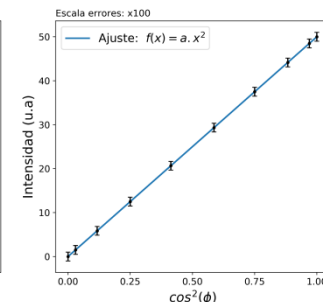
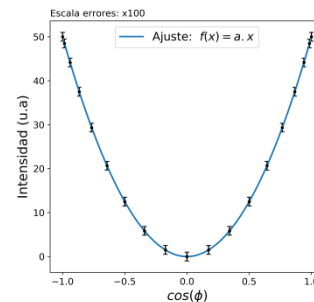
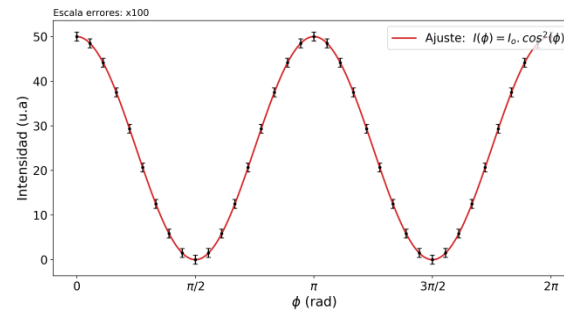
### II-Polarización: Ley de Malus

- Observación:  $I(90^\circ) = 0$
- Esto se debe al hecho de que el campo eléctrico que ha pasado a través del polarizador es perpendicular al eje del analizador (polarizadores cruzados).
- El campo es paralelo al que se llama eje de extinción del analizador y no tiene ninguna componente a lo largo del eje de transmisión.
- Dada ley de Malus:  $I = I_0 \cos^2(\theta)$ :
- $I$  vs  $\cos^2(\theta)$  da una curva lineal,  $I$  vs  $\cos(\theta)$  da una curva cuadrática e  $I$  vs  $\theta$  da una curva coseinoidal

#### Resultados medidos en el laboratorio:



#### Resultados obtenidos del simulador:



## 4) Algunos resultados y análisis

### II-Polarización: Ley de Malus

#### Aplicación de polarizadores

#### **Polarized Lens on a Camera**



Reduce Reflections



<https://www.slideshare.net/rajukaiti/polarization-and-its-application-in-ophthalmology>

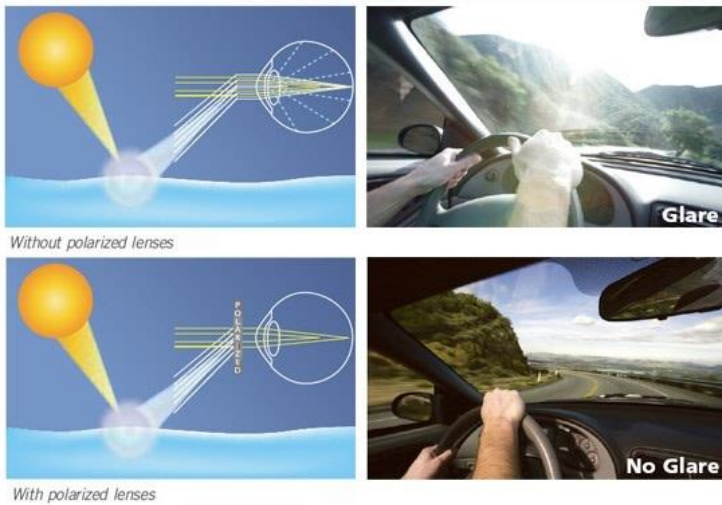
<https://camaras.uno/filtros-fotograficos-polarizadores-cual-es-la-mejor-opcion-y-para-que-sirven/>



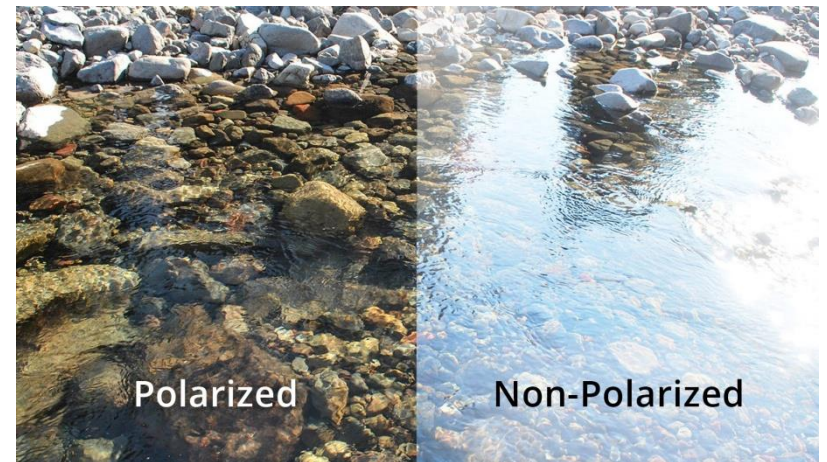
## 4) Algunos resultados y análisis

### II-Polarización: Ley de Malus

#### Aplicación de polarizadores



Anteojos polarizados para manejar.



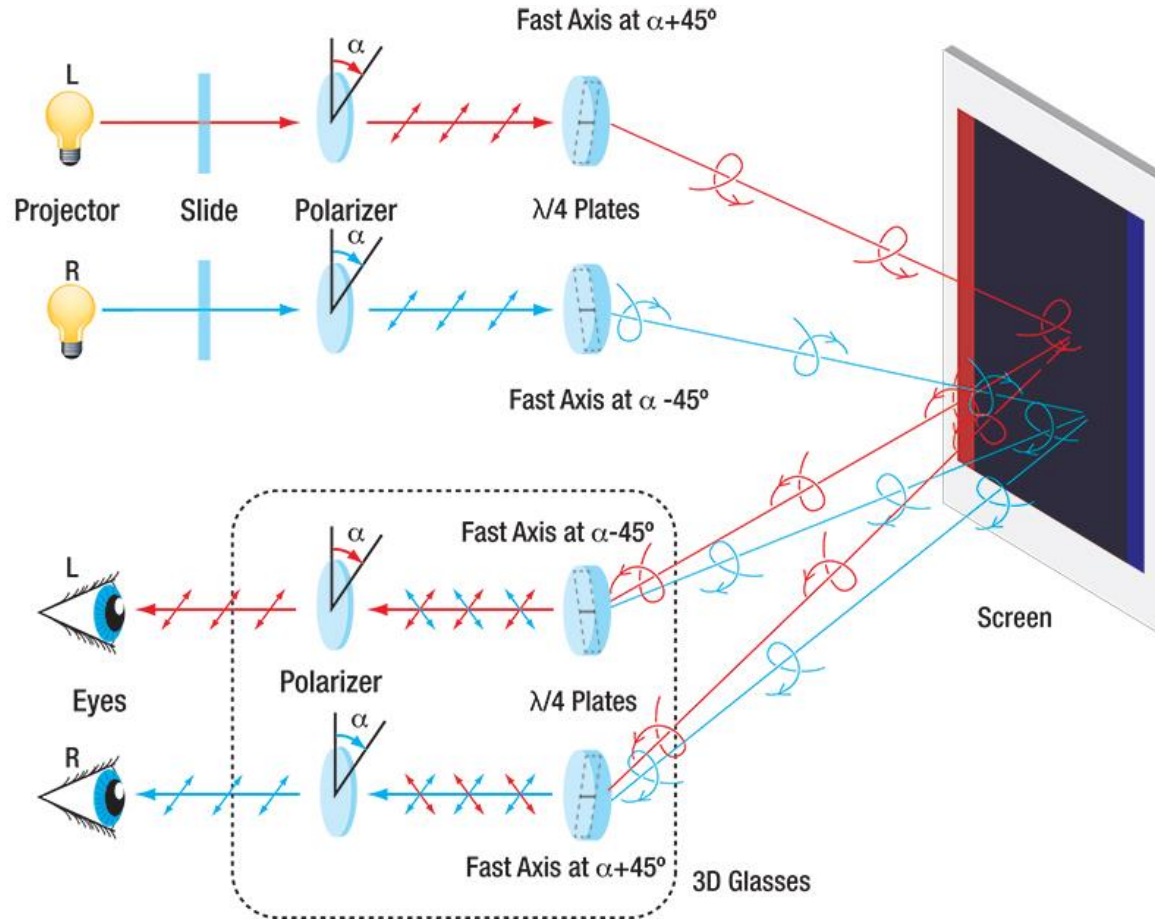
Anteojos polarizados para pescar.

<https://www.blinkvision.com/sunglasses-are-good-but-polarized-sunglasses-are-better/>  
<https://www.newbedfordguide.com/polarized-vs-non-polarized-sunglass-lenses/2015/05/28?print=print>

## 4) Algunos resultados y análisis

### II-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores      Anteojos cine 3D.

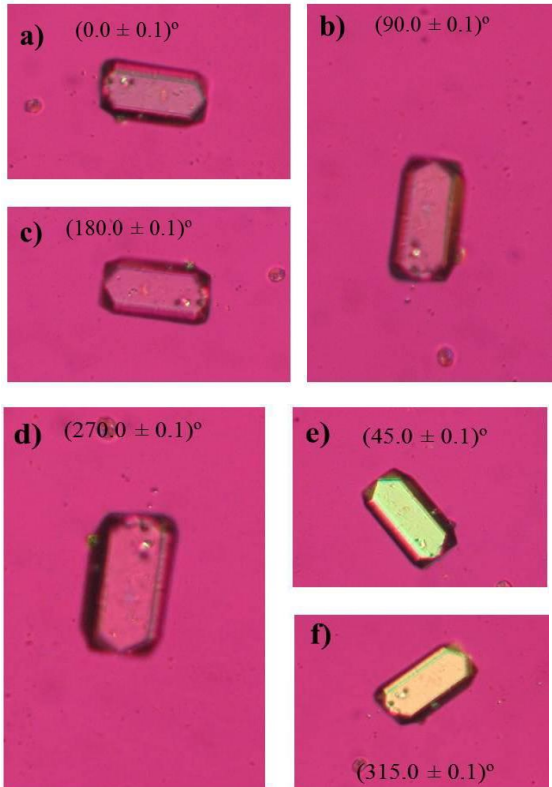


[https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup\\_id=8204](https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=8204)

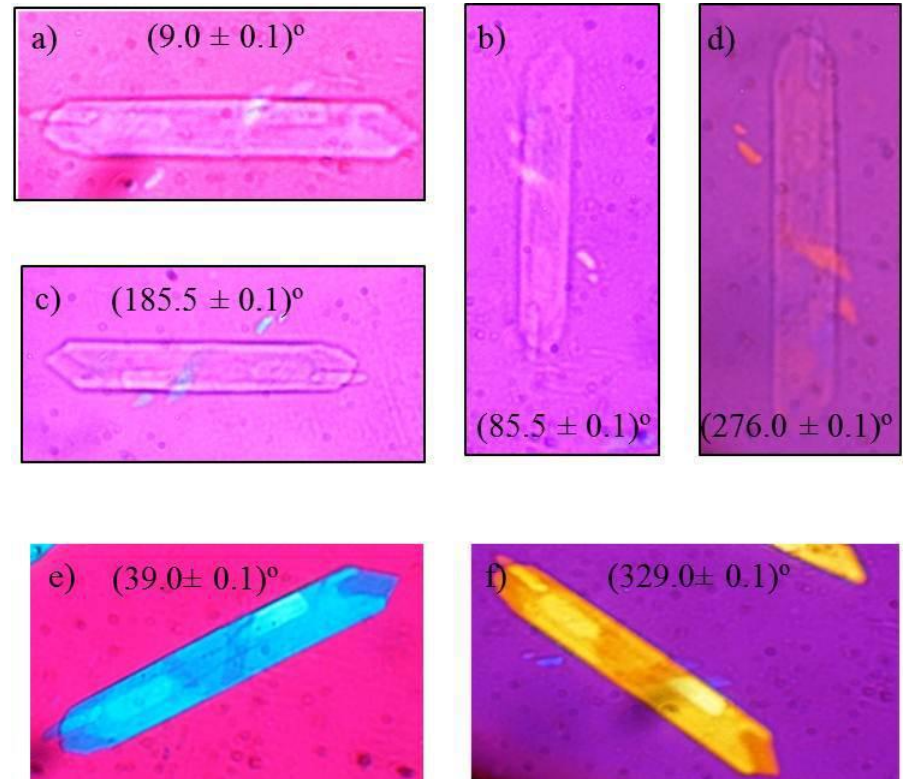
## 4) Algunos resultados y análisis

### II-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores cruzados: estudio de cristalinidad de compuestos por birrefringencia bajo norma USP 38 monografía <776>.



Carboplatino



Clindamicina Fosfato

Dras. M. Rodríguez y Florencia Di Salvo

## 5) Bibliografía

- [1] S. Gil y E. Rodríguez, Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías, Prentice Hall, Buenos Aires (2001) ([www.fisicarecreativa.com](http://www.fisicarecreativa.com)) y referencias citadas.
- [2] E. Hecht, Óptica, Ed. Addison Wesley, 3° ed., Capítulo 8 (1998).