

# *Guía de Polarización y Redes de Difracción*

## **1) Polarización**

### **1. Objetivo**

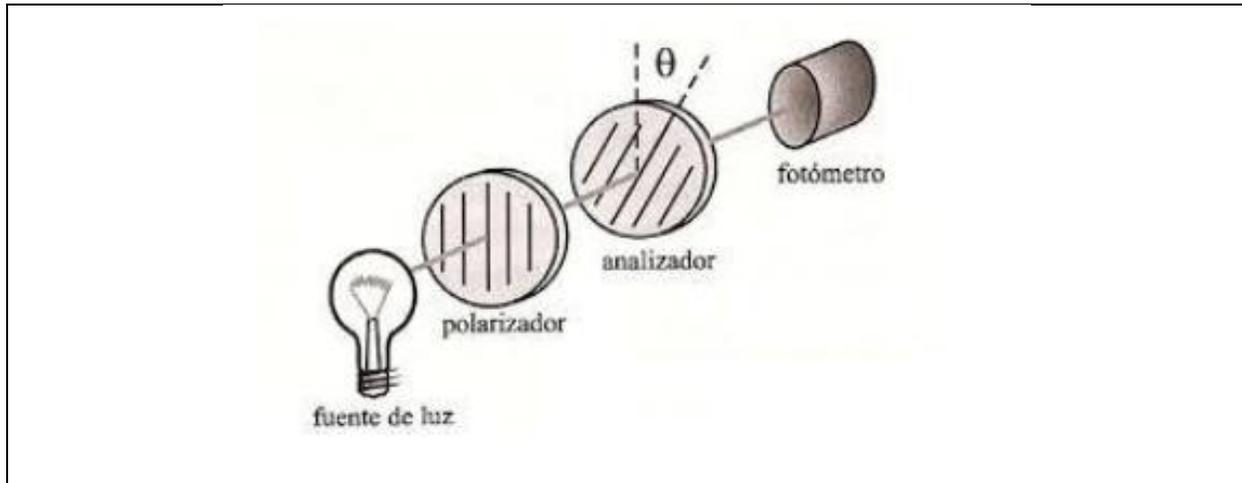
Se propone estudiar la Ley de Malus, la cual relaciona la intensidad incidente de luz de un haz polarizado con la intensidad resultante de pasar por un polarizador lineal.

### **2. Introducción [1]**

En una onda transversal la propiedad que vibra u oscila es una magnitud de carácter vectorial y lo hace en una dirección perpendicular a la dirección de propagación. Decimos que una onda transversal está polarizada si la propiedad que vibra lo hace de un modo predecible, es decir, siempre paralelamente a una dirección fija (polarización lineal) o con el vector que describe la vibración rotando a una frecuencia dada alrededor de la dirección de propagación (polarización circular). Un ejemplo de onda mecánica transversal es el caso de una onda viajando por una cuerda; aquí el desplazamiento o elongación es perpendicular a dirección de propagación de la onda. La vibración puede ocurrir en cualquier dirección perpendicular a su propagación. Si se intercala una rejilla en algún punto de la cuerda, es claro que solo las oscilaciones en la dirección de las rejillas podrán pasar. Este dispositivo (rejilla) que solo deja pasar las vibraciones en un solo estado de polarización se llama un polarizador en el caso de la luz.

En el caso particular de contar con una fuente de luz y dos polarizadores en forma consecutiva, se comprueba que la intensidad de la luz transmitida por el segundo polarizador (que se denomina analizador) depende del ángulo  $\theta$  que forman los ejes de polarización de ambos dispositivos (ver figura 1). Esto se conoce como la Ley de Malus, que permite relacionar la intensidad de luz transmitida  $I$  con la incidente  $I_0$

$$I = (I_0/2)\cos^2(\theta) \quad (1)$$



**Figura 1.** Una fuente de luz no polarizada incide sobre dos polarizadores ubicados de forma consecutiva. Los ejes de ambos forman un ángulo  $\theta$ . A la salida del analizador se ubica un fotómetro que permite cuantificar la intensidad de luz transmitida.

### 3. Actividades

Para realizar la práctica se propone estudiar cómo varía la **intensidad** de la luz de una lámpara incandescente que recibe un detector en función del **ángulo** que hay entre dos polarizadores lineales.

#### Actividades

- Armar el experimento según el esquema de la figura 1 en un banco óptico, donde el primer polarizador (el más cercano a la fuente) se denomina simplemente polarizador y el más alejado es el analizador. El analizador debe tener un goniómetro para poder medir el ángulo entre polarizadores. Conectar el detector denominado fotómetro a la placa del sensor DAQ para adquirir las mediciones en el programa Motion DAQ (configurar el canal del detector, frecuencia de muestreo y tiempo de medición).
- Variar el ángulo del analizador, comenzando por una medida conveniente, y medir la intensidad de la luz con el fotómetro. Observación: el goniómetro del analizador no necesariamente está calibrado, por lo que es necesario verificar, antes de comenzar a medir, que se cumpla la ecuación 1 (Ayuda: ¿Qué intensidad se tiene cuando  $\theta = 0^\circ$ ? ¿Y cuándo  $\theta = 90^\circ$ ?)
- 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?
- Observación: Si las curvas de los ítems anteriores tienen una forma ligeramente distinta a la esperada, realizar un tratamiento de datos correspondiente (ejemplo: restar una constante) para obtener las curvas correspondientes.

## 2) Redes de difracción

### 1. Objetivo

Se propone medir el espectro emitido por una lámpara de sodio utilizando redes de difracción. Además, se propone también determinar los límites del espectro visible usando una fuente de luz blanca.

### 2. Introducción [2]

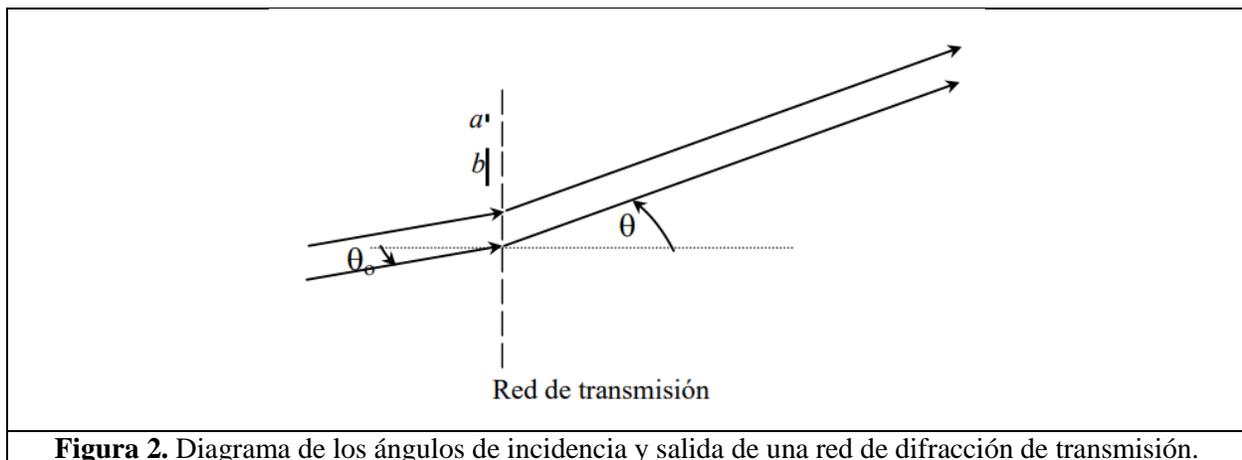
Una red de difracción es una estructura repetitiva que se utiliza para introducir una perturbación periódica en un frente de onda. Entre las configuraciones más sencillas se encuentra la red plana de transmisión formada por una serie de rendijas idénticas y equiespaciadas.

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:

$$I = I_0 \left( \frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \left( \frac{\sin N\alpha}{\sin \alpha} \right)^2 \quad (2)$$

donde  $\beta = (\pi a/\lambda)(\sin \theta - \sin \theta_0)$ ;  $\alpha = (\pi b/\lambda)(\sin \theta - \sin \theta_0)$ ,  $\lambda$  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, de la ecuación (2), 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  $b$ . Ver Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de los ángulos de incidencia y salida de una red de difracción de transmisión.

Al variar  $\theta$  esta intensidad irá cambiando haciéndose máxima ó 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 moduladas por la figura de difracción** (ver figura 3). Dado que en este caso la campana central de difracción es mucho más ancha que la separación

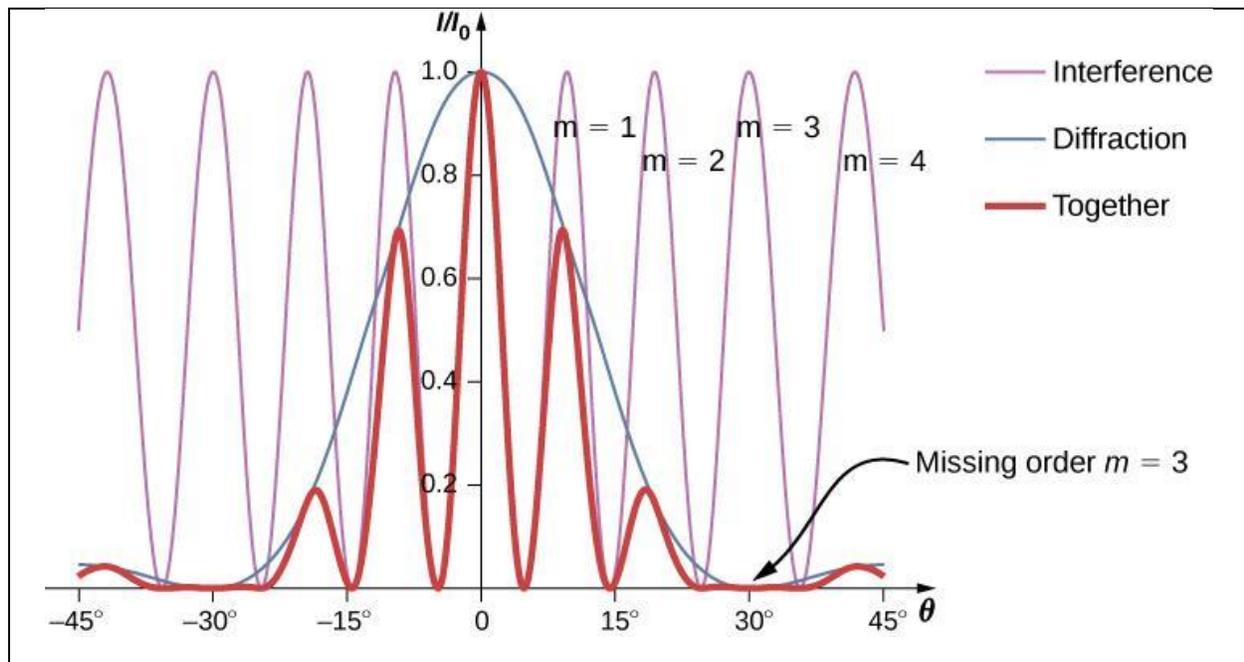
entre los máximos de interferencia, *los órdenes que usualmente se ven con una red son los provenientes de la interferencia producida por las  $N$  rendijas*. Si nos concentramos entonces en el factor de interferencia encontramos que se hace máximo cuando se cumple que:

$$\alpha = m\pi \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$

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

$$\sin\theta - \sin\theta_0 = m\lambda/b \quad (4)$$

donde el ángulo  $\theta_m$  corresponde al máximo de interferencia  $m$ . Esta expresión se denomina *ecuación de la red*. Notar que, si el haz incidente **no es monocromático**, esta expresión vale para cada longitud de onda presente en el haz. **Pregunta:** ¿Qué pasará entonces con los máximos de interferencia para cada longitud de onda incidente?



**Figura 3:** Perfil de intensidad generado por una red de difracción. Se observa el perfil de interferencia modulado en intensidad por la campana de difracción [3].

### 3. Actividades

Dado que cada elemento químico puede emitir o absorber una serie de longitudes de ondas electromagnéticas características, los instrumentos denominados espectrómetros emplean **redes de difracción** para analizar las longitudes de onda que caracterizan cada elemento, ya que permiten separar las distintas longitudes de onda que componen un haz de luz.

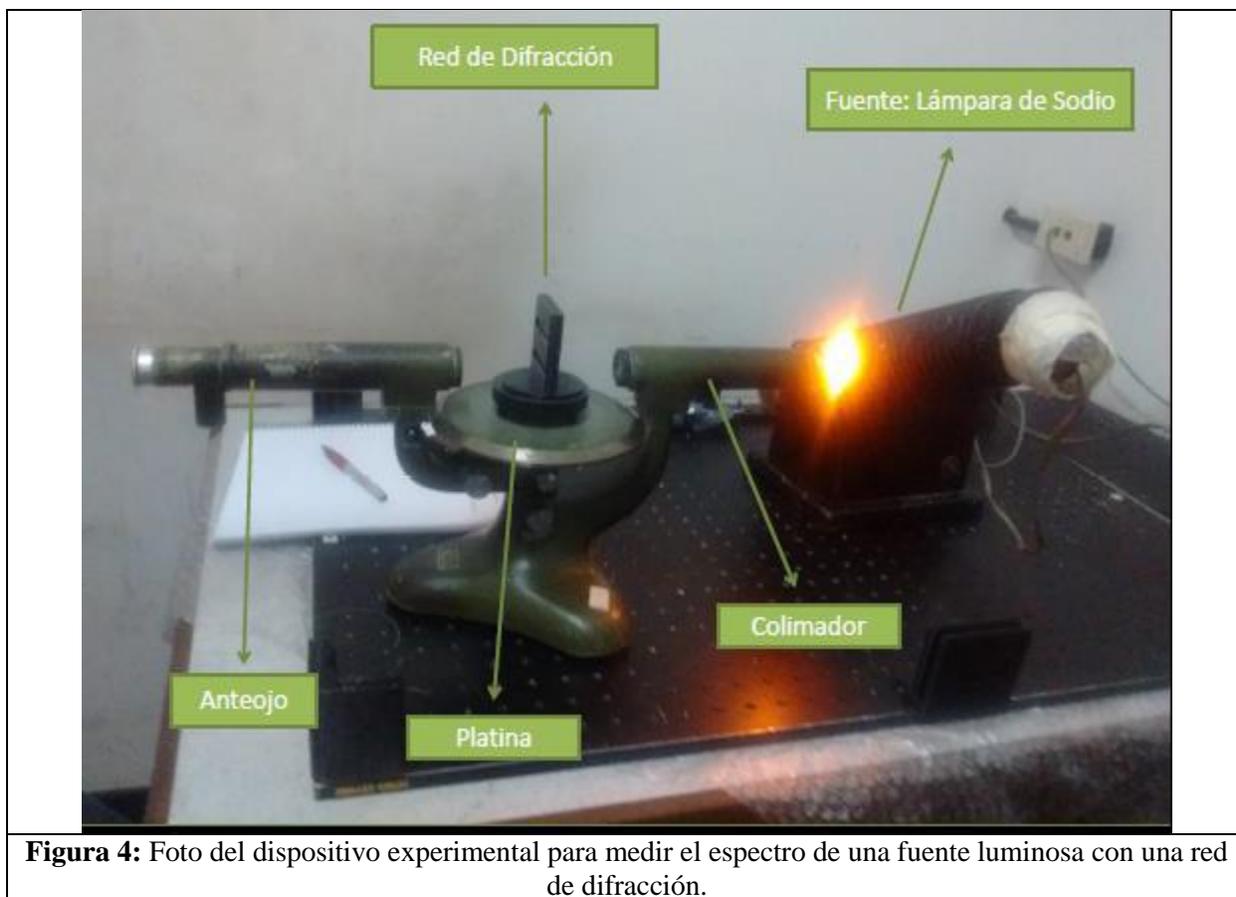
En esta práctica se propone medir las longitudes de onda emitidas por la lámpara de sodio utilizando para ello una red de transmisión y un goniómetro (instrumento que se utiliza para medir ángulos). El

goniómetro consta de una platina giratoria solidaria a un limbo graduado, sobre la cual se coloca la red, un colimador (para crear un haz incidente de rayos paralelos) y un anteojo (para llevar el plano de observación al infinito). El anteojo es móvil y posee un vernier para medir el ángulo de giro sobre el limbo graduado. El anteojo tiene un retículo en forma de cruz que permite definir mejor las posiciones que se miden.

**IMPORTANTE:** las redes de difracción son elementos ópticos muy sensibles. Evitar que se caiga y se rompa y **NO** tocar el interlineado de la misma (agarrar la red sólo por el marco).

### *Actividades*

- Calibrar el goniómetro. Para ello, ajustar el goniómetro para trabajar bajo las condiciones de difracción de Fraunhofer e incidencia normal. Para conseguirlo, se debe enfocar el anteojo y el colimador (ver figura 4 donde se denominan las partes del goniómetro). El anteojo se enfoca mirando un objeto distante (enfoque a infinito, ejemplo mirando una hoja de un árbol por la ventana) y desplazando el ocular del tubo hacia el/la observador/a. Luego, se enfrenta el colimador al anteojo para enfocar el colimador y se desplaza la rendija que se halla adherida a éste en dirección al anteojo hasta obtener una imagen nítida de la misma.
- Armar el experimento según la foto de la figura 4, sin modificar la calibración del colimador del ítem anterior. La red se coloca sobre la platina de modo que quede perpendicular al haz incidente y bien centrada, es decir, que el haz debe incidir con ángulo cero respecto a la normal a la red ( $\theta_0 = 0$ ) para evitar tener un ángulo de incidencia. Chequear que la imagen de la rendija a través de la red se halle centrada y paralela al eje vertical del retículo. Para lograr posicionar correctamente la platina donde se coloca la red, se puede usar tres tornillos de nivelación. Luego, colocar la lámpara de sodio, prendida unos minutos antes para que entre en régimen.
- Medir los ángulos de las intensidades de la lámpara de sodio, moviendo el anteojo e identificando cada orden de interferencia. Graficar  $\sin\theta$  vs  $m/b$ , donde  $m$  es el orden de interferencia (ver figura 3). ¿Qué se obtiene de la pendiente? Recordar que la distancia entre rendijas es  $b = 1\text{mm}/\#\text{líneas}$  (ver qué cantidad de líneas tiene la red de difracción empleada) y que se debe realizar un gráfico por **cada longitud** de onda que se busca.
- Observación: En la lámpara de sodio hay presentes dos longitudes de onda correspondientes al amarillo. Estas son muy cercanas e intensas y puede no ser posible resolverlas en el primer orden de interferencia. ¿Se observan otros colores además del amarillo? ¿Cuáles y por qué?



#### *Determinación de los límites del espectro visible usando una lámpara de luz blanca*

➤ Con el mismo dispositivo, reemplazar la lámpara de sodio por una lámpara de luz blanca y observar el espectro. ¿Es muy distinto al observado en la lámpara de Sodio? ¿A qué se debe la diferencia? Medir y reportar los ángulos límites de las longitudes de onda que se observan.

#### **4. Referencias**

[1] Guía de laboratorio “Polarización”, Física 2 para Químicos 2018.

[2] Guía de laboratorio “Redes”, Física 2 para Químicos 2018.

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