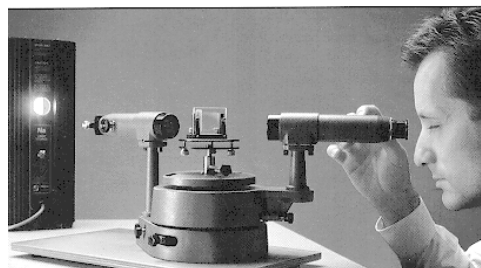


Apéndice 2. Puesta a punto y uso del Espectrómetro

- I) INTRODUCCIÓN
- II) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
- III) ENFOQUE
- IV) MEDIDA DE ÁNGULOS DE DIFRACCIÓN
- V) USO DE LA REJILLA DE DIFRACCIÓN
- VI) USO DEL PRISMA



I) INTRODUCCIÓN

Un **espectrómetro** es uno de los más simples instrumentos científicos. Su función es doblar un rayo de luz con un prisma o una rejilla de difracción. Si el rayo está compuesto de más de un color (frecuencia) se forma un *espectro*, puesto que los diferentes colores son refractados o difractados en diferentes ángulos. Se puede medir el ángulo para cada color y obtener una "huella" espectral, que aporta información sobre la sustancia de la cual emana la luz.

En la mayoría de los casos, las sustancias deben calentarse para que emitan luz. Pero el espectrómetro también puede usarse para estudiar sustancias frías. Para ello se hace pasar luz, que contiene todos los colores del espectro visible, a través de un gas frío. El resultado es un *espectro de absorción*. Se ven todos los colores del espectro excepto ciertos colores que son absorbidos por el gas.

La importancia del espectrómetro como instrumento científico está basada en un hecho simple y crucial. Cuando un electrón cambia de órbita en un átomo, se emite o absorbe luz. El espectrómetro es por tanto una poderosa herramienta para investigar la estructura de los átomos, y también para determinar qué átomos se hallan presentes en una sustancia. Los químicos lo utilizan para determinar los constituyentes de las moléculas, y los astrónomos para determinar los constituyentes de las estrellas.

El espectrómetro tiene tres componentes básicos: un colimador, un elemento difractante y un telescopio (ver Figura 1).

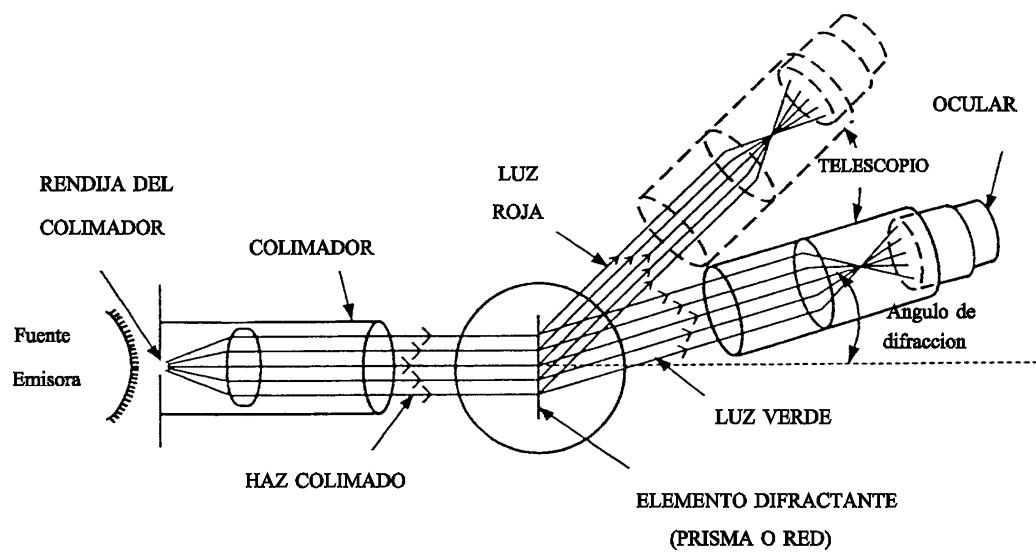


Figura 1

La luz a analizar entra en el **colimador** a través de una estrecha rendija situada en el foco de una lente convergente. La luz que sale del colimador es por tanto un haz estrecho y paralelo, lo cual asegura que toda la luz proveniente de la rendija llegará al elemento difractante con el mismo ángulo de incidencia. Esto es necesario para que la imagen formada sea nítida.

El **elemento difractante** (prisma o rejilla) colocado sobre una plataforma giratoria desvía el rayo de luz. El ángulo de difracción (o refracción) es diferente para cada color.

El **telescopio** puede ser rotado para recoger y medir de forma precisa la luz difractada. Si se enfoca al infinito y se gira un ángulo determinado para recoger la luz de una frecuencia concreta, puede verse una imagen precisa de la rendija del colimador. Rotando el telescopio pueden verse las imágenes de las rendijas correspondientes a cada color, y puede medirse su ángulo de difracción. Si las características del elemento difractante son conocidas, los ángulos medidos pueden utilizarse para determinar qué longitudes de onda están presentes en la luz. En el caso de espectros de absorción, el telescopio al girar observa un espectro continuo en el que aparecen bandas oscuras. Los ángulos para los que se producen dichas "sombras" se utilizan entonces para determinar qué longitudes de onda están ausentes (han sido absorbidas).

II) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

A continuación se incluye una descripción básica de los componentes (ver Figura 2).

COLIMADOR Y TELESCOPIO

El colimador y el telescopio tienen 178 mm de distancia focal y objetivos acromáticos. El telescopio tiene un ocular con una retícula en forma de cruz, y el colimador tiene en su foco una rendija de 6mm de longitud y anchura ajustable.

BASES GIRATORIAS

El telescopio y la plataforma del espectrómetro están montados sobre bases giratorias independientes, cuyas posiciones relativas pueden ser medidas con una sensibilidad de un minuto de arco mediante un goniómetro asociado con un nonius. Cada base tiene un tornillo de fijación y un botón de ajuste fino.

PLATAFORMA SOPORTE

La plataforma del espectrómetro está sujeta a su base giratoria con un tornillo, así que su altura es ajustable. Además hay en su parte inferior tres tornillos para ajustar el alineamiento óptico (en la plataforma hay grabadas líneas de referencia).

ELEMENTOS ACCESORIOS

- Prisma con soporte y rejilla de difracción con montura.
- Tornillos para montar y fijar los soportes del prisma y la rejilla a la base del espectrómetro.
- Un cristal de aumento para leer el nonius.

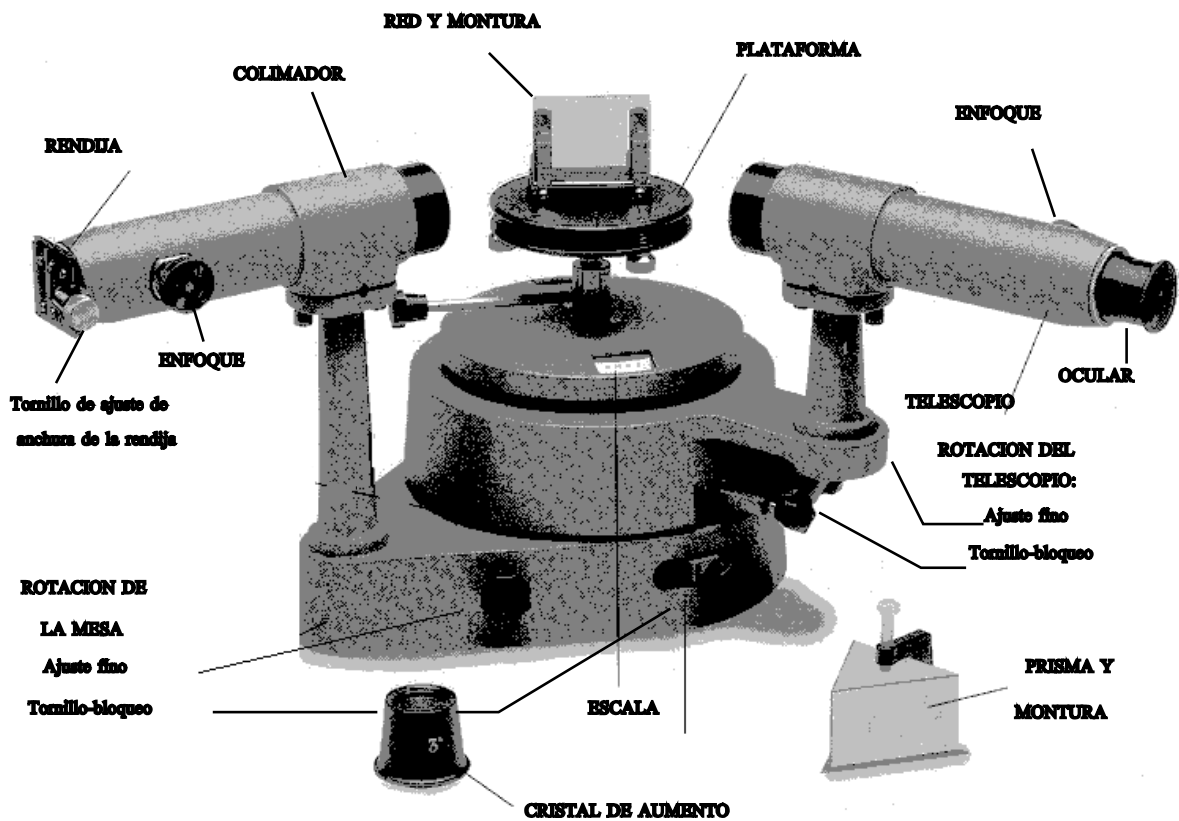


Figura 2

III) ENFOQUE

1.- Mirar por el telescopio y deslizar el objetivo hasta enfocar un retícula en forma de cruz. Aflojar el anillo de fijación de esta retícula y girarla hasta que uno de los brazos quede vertical. Fijar de nuevo la retícula y volver a enfocarla si fuese necesario.

2.- Enfocar el telescopio al infinito. Para ello enfocar un objeto distante, por ejemplo fuera de la ventana.

3.- Comprobar que la rejilla del colimador está parcialmente abierta (usar el tornillo de ajuste de la anchura)

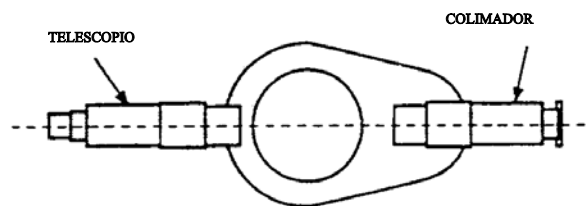


Figura 3

4.- Alinear el telescopio en la dirección del colimador, como muestra la Figura 3.

5.- Mirando a través del telescopio, ajustar el foco del colimador y, si es necesario, la rotación del telescopio, hasta que la rendija esté nítidamente enfocada. *No cambiar el enfoque en el telescopio.*

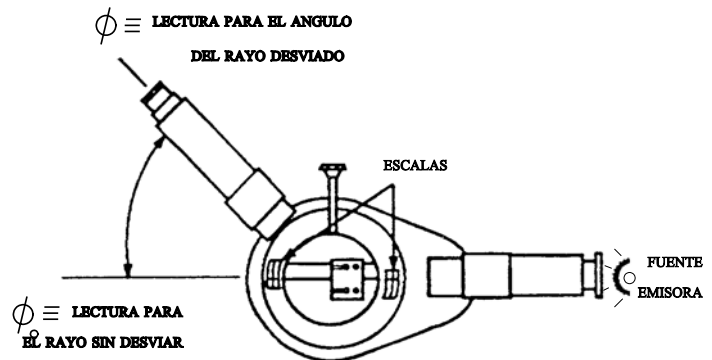
6.- Ajustar el tornillo de bloqueo de la rotación del telescopio y usar el botón de ajuste fino para alinear la línea vertical de la retícula con el borde fijo de la rendija. (Si la rendija no estuviese vertical, aflojar el anillo de fijación de la rendija, realinearla, y apretar de nuevo el anillo.) Ajustar la anchura de la rendija para obtener una imagen clara y brillante. Las medidas de los ángulos de difracción se harán siempre con la línea vertical de la retícula alineada con el borde fijo de la rendija, así que una rendija muy estrecha no es necesariamente ventajosa.

IV) MEDIDA DE ÁNGULOS DE DIFRACCIÓN

Las escalas miden las posiciones angulares relativas del telescopio y la base del espectrómetro. Por tanto, antes de hacer una medida, es importante establecer una lectura para el rayo sin desviar. Todos los ángulos de difracción son medidos entonces respecto a esa lectura inicial.

Para obtener una medida para el rayo sin desviar, primero se alinea la vertical de la retícula con el borde fijo de la imagen de la rendija. Este es el punto cero de lectura (ϕ_0).

Ahora rotar el telescopio hasta alinear la retícula con el borde fijo de una imagen deflectada de la rendija. Leer de nuevo la escala. Si la nueva lectura es ϕ , el ángulo de difracción será $\phi - \phi_0$. Si la base es rotada por alguna razón, el punto cero cambia, y debe ser medido de nuevo.



Ver el esquema representado en la Figura 4.

Figura 4

Lectura de las escalas

Para efectuar una lectura correcta, se procede de la siguiente forma. Primero se mira qué división de la escala normal está alineada con el cero de la escala nonius. Si el cero de la escala nonius se encuentra entre dos divisiones, se toma la de menor valor (en el ejemplo mostrado en la Figura 5, el cero del nonius está entre 155° y $155^\circ 30'$, así que se tomaría el valor 155°).

Ahora hay que ver qué línea del nonius se encuentra alineada con cualquiera de las líneas de la escala normal. Para ello se puede utilizar el cristal de aumento. En la figura, esta línea es la correspondiente a $15'$. este valor se ha de sumar al leído anteriormente para obtener la medida correcta con un error de 1 minuto de arco, es decir $150^\circ 15'$.

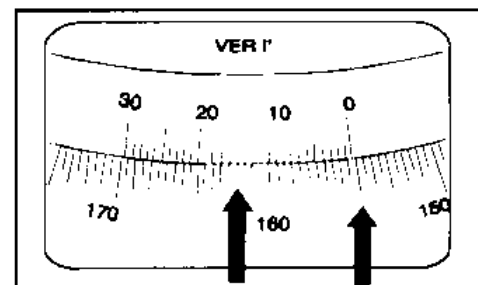


Figura 5

V) USO DE LA REJILLA DE DIFRACCIÓN.

Se pueden calcular longitudes de onda basándose en los ángulos de difracción. La rejilla de difracción debe estar perpendicular al rayo de luz proveniente del colimador.

Precaución: La rejilla es un componente delicado. Se debe tener mucho cuidado de no arañar su superficie, y de guardarla siempre en su funda protectora.

Para utilizar la rejilla de difracción se siguen los siguientes pasos:

- Alineación y enfoque del telescopio.
- Colocación de la rejilla perpendicularmente al haz incidente.
- Lectura de los ángulos de difracción.
- Cálculo de las longitudes de onda correspondientes mediante la expresión:

$$\lambda = \frac{d \operatorname{sen}\theta}{m}$$

donde λ es la longitud de onda; d la distancia entre las líneas de la rejilla de difracción ($d=1.66 \times 10^{-3}$ para la rejilla de 600 líneas/mm, por ejemplo); θ es el ángulo de difracción; y m es el orden del espectro de difracción bajo observación.

VI) USO DEL PRISMA

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Un prisma también puede ser utilizado como elemento difractor en un espectrómetro, puesto que el índice de refracción del prisma (y por tanto el ángulo de refracción de la luz) varía dependiendo de la longitud de onda.

Un prisma refracta la luz en un solo espectro, mientras que la rejilla divide la luz disponible en varios espectros. Por causa de esto, las imágenes de la rendija formadas usando un prisma, son generalmente más brillantes. Las líneas espectrales que son demasiado débiles para ser apreciadas con una rejilla pueden ser vistas usando un prisma. Desafortunadamente, el incremento en el brillo de las líneas espectrales conlleva un menor poder de resolución, puesto que el prisma no separa las diferentes líneas tan efectivamente como la rejilla. Sin embargo, al ser las líneas más brillantes, se puede emplear una rendija más estrecha, lo que compensa parcialmente la disminución en la resolución.

Para el prisma, el ángulo de difracción no es directamente proporcional a la longitud de onda de la luz. Por tanto, para medir longitudes de onda usando un prisma, debe construirse un gráfico de λ frente al ángulo de difracción θ , usando una fuente de luz de espectro conocido. La longitud de onda de líneas espectrales desconocidas puede obtenerse por interpolación en este gráfico.

Una vez que se ha realizado un gráfico de calibrado para el prisma, las futuras determinaciones de longitudes de onda serán válidas solo si son hechas con el prisma alineado precisamente como estaba cuando se construyó el gráfico. *Para asegurar que este alineamiento pueda ser reproducido, todas las medidas se realizarán con el prisma alineado*

de forma que la luz se refracte el ángulo de mínima desviación.

Ángulo de mínima desviación

El ángulo de desviación para la luz que atraviesa un prisma se muestra en la Figura 6. Para una luz de longitud de onda dada, atravesando un prisma dado, hay un ángulo de incidencia característico para el cual el ángulo de desviación es mínimo. Este ángulo depende solo del índice de refracción del prisma y del **ángulo de refringencia** (llamado A en la figura). Éste es el ángulo que forman las dos caras del prisma atravesadas por la luz. La relación entre estas variables viene dada por la ecuación:

$$n = \frac{\text{sen}\{(A+\delta)/2\}}{\text{sen}(A/2)}$$

donde n es el índice de refracción del prisma; A es el ángulo que forman las dos caras del prisma atravesadas por la luz; y δ es el ángulo de mínima desviación.

Como n varía con la longitud de onda, el ángulo de mínima desviación también varía, pero es constante para una λ dada.

Para utilizar el prisma se siguen los siguientes pasos:

- Alineación y enfoque del espectrómetro.
- Colocación de la montura del prisma con sus tornillos de fijación.
- Colocación del prisma sobre la montura, de tal forma que la cara translúcida no intercepte la trayectoria de la luz.
- Realización de medidas de ángulos de (mínima) desviación.

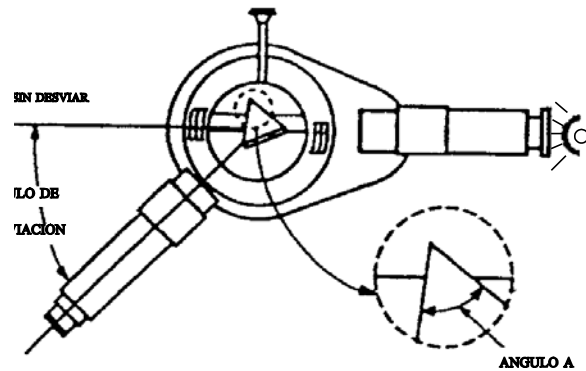


Figura 6