

# Trabajo final de Física Moderna

“Calibración de un espectroscopio casero”



Soledad Urrutia

[soleurrutiaperez@gmail.com](mailto:soleurrutiaperez@gmail.com)

Diego Tilliman

[diegotilliman.91@gmail.com](mailto:diegotilliman.91@gmail.com)

Juan Cruz Trujillo

[juancruz.trujillo.berrutti@gmail.com](mailto:juancruz.trujillo.berrutti@gmail.com)

**Física Moderna, 4° año.**

Profesor: Andrés Pazos

## **I. Objetivos:**

- i. Calibrar un espectroscopio casero mediante el uso de una lámpara de mercurio, un láser rojo y uno verde.
- ii. Determinar la longitud de onda de cada línea observada, lo que corrobora la existencia de niveles discretos de energía en el átomo .

## **II. Fundamento teórico.**

La luz consiste en radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda, cuando los elementos o compuestos se calientan a causa de una llama o por un arco eléctrico, emiten energía en forma de luz. El análisis de esta luz, con la ayuda de un espectroscopio, nos da un espectro discontinuo.

El espectro de emisión de un elemento químico o compuesto químico es el espectro de frecuencias de radiación electromagnética emitida debido a un átomo o molécula que realiza una transición de un estado de energía a otro. La energía fotónica emitida es igual a la diferencia de energía entre los dos estados. Hay muchas transiciones de electrones posibles para cada átomo, y cada transición tiene una diferencia de energía específica. Esta gama de diferentes transiciones, que conllevan diferentes longitudes de onda radiadas, conforman un espectro de emisión. El espectro de emisión de cada elemento es único. Por lo tanto, la espectroscopía se puede utilizar para identificar los elementos, un ejemplo es la espectroscopía astronómica: identificar la composición de las estrellas mediante el análisis de la luz recibida.

El espectro aparece conformado por una serie de líneas llamadas el espectro de líneas. Este espectro lineal se denomina espectro atómico cuando se origina a partir de un átomo en forma elemental, como mencionamos anteriormente cada elemento tiene un espectro atómico diferente. La producción de espectros de línea por los átomos de un elemento indica que un átomo puede irradiar sólo una cierta cantidad de energía. Esto lleva a la conclusión de que los

electrones unidos no pueden tener cualquier cantidad de energía, sino sólo una cierta cantidad de energía.

El funcionamiento de los espectroscopios es muy sencillo de entender, se basan en un proceso que separa la luz blanca visible en sus diferentes longitudes de onda a través de un fenómeno conocido como difracción. Esta dispersión de las radiaciones luminosas se da gracias a los diversos ángulos de refracción que presentan los diferentes colores (o longitudes de onda) de la luz blanca al encontrarse con un medio distinto al que viajan (aire).

En la mayoría de los casos para este mismo objetivo se emplean redes de difracción, en este caso utilizamos un trozo de compact-disc (CD). En un CD hay 670 líneas de difracción por cada milímetro de disco, lo que permite que se pueda separar muy bien los colores básicos.

Calibrar el instrumento significa determinar qué longitud de onda corresponde a cada división de una escala, estableciendo una relación entre la longitud de onda para cada color y una medida de longitud en la escala, ya que cada línea espectral al atravesar el prisma, se desvía sobreponiéndose en una determinada posición en la escala. De esta manera pueden encontrarse algunas líneas espectrales conocidas sobre la escala, trazando una curva de calibración del instrumento, la misma determinará la longitud de onda de componentes que no se conocen.



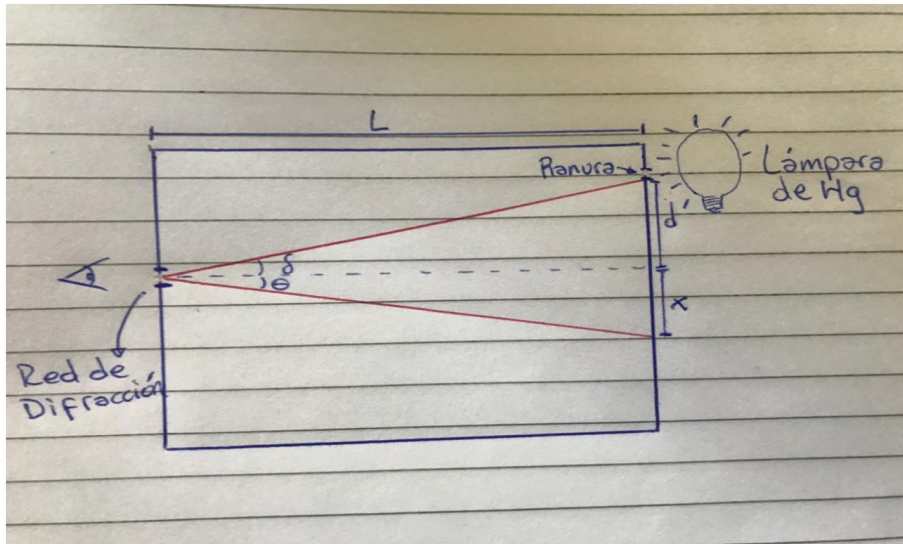
### **III. Materiales**

- Soporte
- Láser color rojo
- Láser color verde
- Espectroscopio casero
- Lámpara de magnesio
- Lámpara de mercurio

### **IV. Metodología**

En este trabajo se determinó la longitud de onda para cada una de las líneas visualizadas en el espectroscopio, pertenecientes al espectro de emisión del mercurio.

Para calibrar el espectroscopio buscamos una relación matemática entre la posición que ocupa una línea espectral sobre la escala y su longitud de onda. En una red de difracción, la radiación que emerge con un ángulo de difracción  $\theta$  de dos puntos homólogos separados por una distancia  $\delta$  en dos rendijas consecutivas tiene una diferencia de caminos que cumple la relación:  **$d(\sin \theta + \sin \delta) = n\lambda$**  (Ecuación extraída de Resnick: "Halliday, Resnick, Krane, 4ta Ed. Vol II, versión ampliada Capítulo 47, pág 454").



$$\text{Tg } \delta = d / L \rightarrow \delta \rightarrow \sin \delta \quad n = 1 \quad L = 31,0 \pm 0,1 \text{ cm}$$

$$\text{Tg } \theta = x / L \rightarrow \theta \rightarrow \sin \theta \quad d = 1,49 \times 10^{-6} = 1,49 \mu\text{m}$$

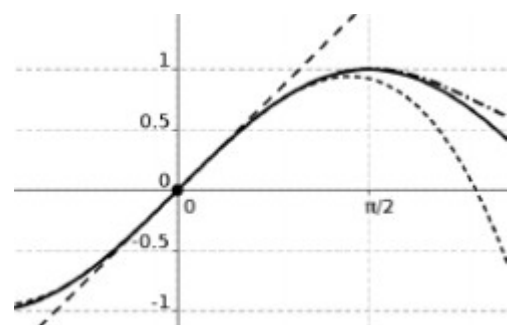
$\delta$  : es constante

$\theta$  : varía con el color

En la tabla 2 se detallan los resultados obtenidos en los cálculos realizados a partir de la ecuación extraída del Resnik.

Sin embargo esta ecuación implica tomar más medidas y cada medida aporta su incertidumbre. En una función sinusoidal cuando trabajamos con ángulos entre  $15^\circ$  y  $30^\circ$  aproximadamente, como lo es en nuestro caso, es razonable aproximar la curva a una recta de ecuación:

$$\lambda = m \cdot x + n$$



Para nuestro espectroscopio, el ángulo de difracción  $\theta$  con el que se observa cada línea espectral está relacionado con la posición de la línea sobre la pantalla ( $x$ ) y con la longitud del espectroscopio ( $L$ ).

Podemos, por tanto, establecer una relación lineal entre la longitud de onda de una línea espectral y su posición sobre la escala. Para ello hemos usado un espectro cuyas longitudes de onda son conocidas, concretamente el espectro de una lámpara de Hg.

### *Calibración del espectrómetro:*

Para calibrar el espectrómetro utilizamos dos lasers, uno rojo con  $\lambda$  (632,8 nm  $\pm$  10 nm) y uno verde con  $\lambda$  (532,0 nm  $\pm$  10 nm). Sustituyendo estos valores en la ecuación antes mencionada hallamos la pendiente “m” y el término independiente “n” para poder obtener una ecuación sólo en función de la posición “x”, y así poder calcular las longitudes de onda para el mercurio a partir de las posiciones de las líneas observadas y contrastarlos con los valores conocidos.

## V. Tratamiento de datos

$$(1) \quad \lambda_1 = m \cdot z_1 + n \quad 632,8 = 5,8 \cdot m + n$$

$$(2) \quad \lambda_2 = m \cdot z_2 + n \quad 532 = 3,8 \cdot m + n$$

-----

$$(3) = (1) - (2) \quad 100,8 = 2m \quad m = 50,4 \quad y \quad n = 340,5$$

$$\lambda \text{ (nm)} = 50,4 \cdot x \text{ (cm)} + 340,5 \quad \text{(aproximación lineal)}$$

Estimamos un error total de alrededor del 10%

**Tabla 1:** En esta tabla se muestran los diferentes resultados de longitudes de onda, para los diferentes colores observados en el espectro del mercurio, realizando los cálculos con la aproximación lineal aproximada.

Color	X (cm)	$\lambda$ (nm)
violeta	1,6	421
verde	3,9	537
amarillo	4,7	572
rojo	5,5	618

**Tabla 2:** En esta tabla se muestran los resultados para las diferentes longitudes de onda, realizando los cálculos mediante la aproximación lineal extraída de Resnik.

Color	x / L	$\lambda$
violeta	2,9	433
verde	7,2	544
amarillo	8,6	535
rojo	10,1	618

**Tabla 3:** Tabla teorica obtenida de:

<https://www.unirioja.es/dptos/dq/fa/emo/mercurio/mercurio.html>

$\lambda$ (nm)	Color
404.6563	violeta
407.78314	violeta
433.92232	violeta-azul
434.750	violeta-azul
435.8328	violeta-azul
491.6068	azul
546.07348	verde
576.95982	amarillo

579.06630	amarillo
690.752	rojo

## VI. Resultados y Conclusiones

Concluimos que:

- El espectrómetro fue calibrado satisfactoriamente ya que los resultados obtenidos comparativamente entre la ecuación de Resnick, la aproximación lineal y los datos teóricos no difieren en más de un 10%
- Los resultados arrojados por la aproximación lineal y los resultados arrojados por la ecuación extraída de Resnick son coherentes.
- A pesar de trabajar con materiales de muy bajo costo se obtiene un buen espectro de emisión donde se observan con claridad las distintas líneas siendo posible el trabajo en secundaria.
- Las líneas discretas comprueban la existencia de niveles discretos de energía en los átomos.

**Tabla 4:** Tabla comparativa de las longitudes de onda obtenidas por ambos métodos y una tabla teórica.

Color	$\lambda$ (nm) Ecuación Resnik	$\lambda$ (nm) Aproximación lineal	$\lambda$ (nm) Teórico
violeta	433	421	407.78314
verde	544	537	546.07348
amarillo	535	572	576.95982
rojo	618	618	690.752



## REFERENCIAS y ANEXO

Tabla 5: En esta tabla se detallan las energías correspondientes para cada longitud de onda, teniendo en cuentas las obtenidas a partir de la aproximación lineal.

Color	$\lambda$ (nm)	E (J)
violeta	421	$4,71 \times 10^{-19}$
verde	537	$3,69 \times 10^{-19}$
amarillo	572	$3,47 \times 10^{-19}$
rojo	618	$3,21 \times 10^{-19}$

### Bibliografía:

- “Halliday, Resnick, Krane, 4ta Ed. Vol II, versión ampliada”
- [http://www.mate.unlp.edu.ar/practicas/84\\_12\\_0906201611910.pdf](http://www.mate.unlp.edu.ar/practicas/84_12_0906201611910.pdf)
- <https://www.unirioja.es/dptos/dq/fa/emo/mercurio/mercurio.html>