

## **Implementación de un sistema básico para Espectroscopia de gases atómicos**

Heriberto Peña Pedraza

Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Física Universidad de Pamplona  
Grupo de Investigaciones Ópticas & Plasma

### **ABSTRACT**

In this work the implementation of a basic system for optical spectroscopy studies is described, and are described the physics principles of operation. First experimental results are reported.

### **KEY WORDS**

Implementation, basic system ,spectroscopy

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe la implementación de un Sistema Básico para Espectroscopia Atómica, los principios físicos de funcionamiento y operación del sistema implementado. Se reportan los primeros resultados obtenidos.

### **PALABRAS CLAVES**

Implementación, sistema básico, espectroscopia.

### **INTRODUCCIÓN**

Debido a la necesidad de formar físicos con fuertes bases en el campo de la física experimental, la Línea de Investigaciones en Instrumentación Física (LIF) ha comenzado a trabajar en uno de los campos de la física experimental, llamado Espectroscopia. Una de las primeras tareas con las que se empezará es la de implementar la primera fase de un laboratorio de espectroscopia de emisión atómica básico con fines inicialmente de investigación formativa en la facultad de Física de la Universidad de Pamplona, con el fin de incentivar al

estudiante a trabajar activamente en un área muy interesante del conocimiento científico.

Uno de los objetivos específicos que nos planteamos inicialmente fue el de diseñar y construir un sistema para espectroscopia atómica de emisión en la región visible del espectro electromagnético. Luego demostrar la efectividad del sistema implementado obteniendo un espectro atómico y compararlo con el obtenido con otros sistemas reconocidos.

## METODOLOGÍA

La espectroscopia es una rama de la física que estudia la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Ésta es una técnica muy empleada en la química y la física para estudiar las propiedades de la sustancia. El espectro característico de una sustancia dada es único y propio solo de ella, por eso podemos decir que el espectro de una muestra es como la huella dactilar de esta que la diferencia de las demás.

Existen varias técnicas espectroscópicas que se diferencian en principio por el método utilizado, la región de frecuencias en que se desarrolla, el tipo de fuente de radiación empleado, el tipo de muestra, las interacciones que tienen lugar, etc., etc.

Utilizando un espectrómetro que trabaje en la región visible se puede hacer espectroscopia visible. Un espectrómetro óptico se utiliza para descomponer un haz de luz incidente en sus respectivas frecuencias o longitudes de onda que la componen. Este dispositivo espectral permite visualizar cada una de las líneas espectrales componentes de cierta radiación electromagnética visible y medir su respectiva longitud de onda.

Para el estudio de algunos espectros atómicos podemos utilizar los tubos espectrales. Los cuales contienen uno o más elementos gaseosos atómicos o moleculares. La energía se les suministra a través de un campo eléctrico aplicado a los electrodos de los tubos. Los iones y electrones son acelerados por el campo; las colisiones convierten la energía cinética adquirida en otros tipos siendo la energía

electrónica una de ellas. Los electrones en los átomos excitados ocupan uno de los muchos estados de energía permitidos determinados.

Cada especie atómica excitada emite las longitudes de onda características determinadas por las diferencias entre los niveles de energía presentes en tal especie (átomo o molécula).

El análisis con un espectrómetro revelara una serie de líneas de emisión de colores (monocromáticos) fuertes y nítidos. Estas líneas con su respectiva longitud de onda caracterizan a cada especie atómica. Las longitudes de onda de cada una de estas líneas espectrales se puede hallar así:

Cuando la luz pasa a través de una red de difracción, se desvía de su trayectoria rectilínea formando un patrón de difracción. Las condiciones para un máximo de interferencia en el patrón de difracción están dadas por:

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

Donde  $d$  es la separación entre las líneas de red,  $\lambda$  longitud de onda de la luz, y  $m$  es el orden de difracción.

Un fotón es emitido por un átomo excitado cuando existe una transición radiativa de un electrón desde un estado de mayor energía a uno de menor energía. Los niveles de energía en el átomo de hidrogeno son:

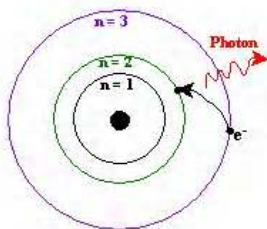
$$E = - \left( \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2} \right) \left( \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

Donde  $m_e$  es la masa del electrón,  $e$  es la carga,  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío,  $h$  es la constante de Planck, y  $n$  es número cuántico principal (1,2,3,...).

Al reemplazar en la ecuación (2) obtenemos:

$$E = -(13.6\text{eV})\left(\frac{1}{n^2}\right). (3)$$

La energía del foton, es el negativo de la pérdida de energía del electrón o sea:



$$\Delta E = E_f - E_i = (13.6\text{eV})\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right). (4)$$

Para los fotones visible emitidos por el Hidrogeno, el nivel final de energía es  $n_f = 2$ . la longitud de onda,  $\lambda$ , del foton emitido esta dada por la formula:

$$\lambda = \frac{c}{f} (5)$$

Donde  $c$  es la velocidad de la luz y  $f$  es su frecuencia:

$$f = \frac{\Delta E}{h} . (6)$$

## DESARROLLO DE LA PRIMERA ETAPA DEL SISTEMA ESPECTROSCÓPICO

Se construyó un sistema sencillo de observación de los espectros de gases atómicos como el Hidrogeno y el

Mercurio, recuperando elementos de laboratorio olvidados y en estado de abandono.

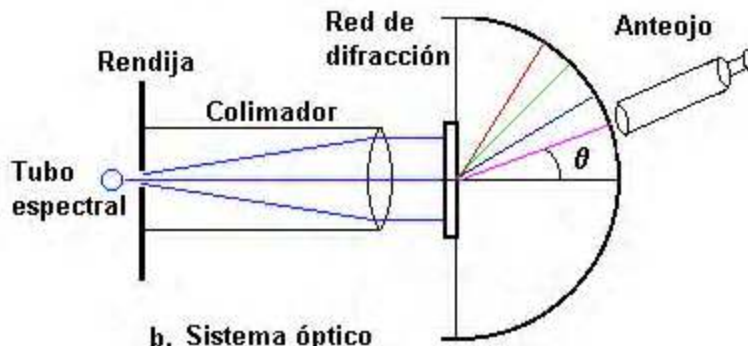
Con ayuda de este montaje se pudieron aclarar conceptos básicos en la asignatura de la física moderna como: la teoría del átomo de Bohr, la cuantificación de la energía, espectros atómicos discretos, líneas espectrales, espectros de emisión y absorción, estructura de la materia, transiciones radiativas, etc. Sin la ayuda de este sistema implementado hubiese sido más difícil el anterior trabajo docente.

El sistema implementado consiste básicamente de un espectrofotómetro de red de difracción por transmisión, con el cual se pueden visualizar los colores de cada línea espectral que componen la fuente atómica y además permite medir las posiciones relativas de las líneas espectrales en función del ángulo de difracción. Conociendo el numero de líneas/mm de la red de difracción y el ángulo con respecto al máximo central para cada componente espectral (o línea) es posible medir la longitud de onda de la línea espectral determinada. En este montaje solo es posible observar con gran calidad las líneas espectrales de emisión de los átomos en estado gaseoso en la región visible del espectro electromagnético, en el primer orden de difracción. Luego las longitudes de onda de estas líneas espectrales se comparan con los valores aceptados, para el caso del Hidrogeno, se identifican claramente las transiciones entre orbitales del electrón correspondientes a estas líneas.

## ARREGLO EXPERIMENTAL



a. Montaje



b. Sistema óptico

## OBTENCIÓN DE LOS ESPECTROS DE EMISIÓN

Para obtener los espectros de Emisión de algunos elementos como el Hidrógeno y el Mercurio, debemos contar con ciertos equipos necesarios para realizar el montaje de la figura a. entre ellos espectrofotómetro (colimador, rendija, lente), lámpara de hidrógeno, lámpara de vapor de mercurio, carrete de inducción de Ruhmkorff cables con bananas y fuente de poder 0-15 V.

1. El espectrofotómetro se debe ensamblar de tal forma que la red de difracción quede montada al lado opuesto y enfrente del sistema colimador y de la fuente de radiación empleada. Al frente del sistema colimador - red de difracción; se monta el sistema telescópico de observación el cual se alinea con una línea central

marcada con un ángulo  $0^\circ$  sobre una hoja con divisiones de ángulo en la base del sistema.

2. Se dispone el espectrofotómetro sobre una mesa de Madera y se nivela de tal forma que usted pueda ajustar la altura de las fuentes de radiación.
3. Se conecta la fuente de poder 0-15V a la entrada del carrete de inducción (8V), y la salida de alta tensión del carrete a los electrodos del tubo espectral de H o Hg.
4. Encendida la fuente de poder que alimentará al carrete de inducción que a la vez alimentará al tubo espectral se deja que el tubo espectral se caliente unos 5 minutos antes de comenzar a observar los espectros.

## PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Antes de empezar se debe determinar el periodo de la red de difracción  $d$ . Conocido el número de líneas por milímetro o frecuencia de la red de difracción, se puede calcular su periodo que es el inverso de la frecuencia.

Luego se alinea el sistema y con los tubos encendidos se procede a mover el sistema telescópico de observación lentamente girándolo hasta encontrar la primera línea espectral en el primer orden de difracción ( $m = 1$ ). Deteniéndose sobre el centro de la línea espectral se mide el ángulo que ésta forma con respecto a la marca del  $0^\circ$ .

Para determinar las longitudes onda de esos colores encontrados en cada uno de los espectros característicos de cada especie atómica, se usan los ángulos que cada línea espectral hallada forma con el orden cero, utilizando la formula:  $d \sin \theta = m\lambda$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )

## CONCLUSIONES

- Se construyó un sistema sencillo para observación de espectros atómicos de emisión en la región visible del espectro electromagnético.
- El sistema construido permite visualizar las líneas discretas del

espectro de algunos gases atómicos.

- Los primeros espectros atómicos obtenidos son satisfactorios y las longitudes de onda medidas con este sistema están entre los márgenes de error aceptables.
- En lo que concierne a su utilidad como medio de investigación formativa cumple con todos los requisitos de idoneidad y con los fines para los que ha sido diseñado. Este trabajo se puede seguir desarrollando, implementando otros tipos de estudios espectroscópicos con este sencillo sistema, además mediante unas pequeñas modificaciones del sistema en desarrollo se puede hacer espectroscopia de absorción básica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Elyashevich, M.A. Espectroscopia Atómica y Molecular, Edit. FisicoMatemática
2. Harshbarguer, W.R. And Porter, R.A, Appl. Spectrosc. 35,1, (1981).
3. Cramarossa, F. et al. J. Quant. Spectrosac. Radiat. Transfer. (1974).
4. Gaydon, A.G. and Pearse, R.W, Identification of spectra, Chapman Hall.