

# **Física Experimental IV**

## **Práctica XI *Serie de Balmer***

Funes, Gustavo  
Giordano, Leandro  
Gulich, Damían  
Sotuyo, Sara

*Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas – UNLP*

### **Sinopsis**

En el siguiente informe se calculará la constante de Rydberg utilizando la serie de Balmer.

## Introducción

La espectroscopía permite conocer la naturaleza de una sustancia por los colores que emite al ser excitada (mediante una flama, un arco eléctrico, etc.), ya que cada elemento emite en colores (en adelante longitudes de onda) bien definidos. Al incidir un haz colimado de la luz producida por la sustancia estudiada sobre un prisma o red de difracción, esta luz se separa, y al incidir sobre una placa fotográfica el diagrama que se observa es un diagrama de franjas o *líneas* sobre la placa, donde cada línea corresponde a una longitud de onda determinada. Es por eso que a cada longitud de onda en general de cada elemento en particular se la suele llamar *línea del elemento*. Por ejemplo, a las frecuencias de emisión del hidrógeno se las llama *líneas del hidrógeno*.

Esta técnica tuvo gran auge en el siglo XIX, en el que se dedicó gran esfuerzo a medir con precisión el espectro atómico. De estas investigaciones surgió el hecho de que, en contraste con la complejidad que mostraban los espectros atómicos, el espectro del hidrógeno es relativamente sencillo y regular. Por ejemplo, para la región visible y el ultravioleta cercano, se observa una serie de líneas que poseen la particularidad de converger en el límite de 364,56nm.

Esta patente regularidad hallada en el espectro del hidrógeno incitó a varios científicos a buscar fórmulas empíricas que pudieran representar la longitud de onda de las líneas. Balmer halló la fórmula buscada en el año 1885. La fórmula era la siguiente:

$$\lambda = \frac{3646 \cdot n^2}{n^2 - 4} \quad (\text{en } 10^{-10} \text{ m})$$

donde  $n$  es un número natural correspondiente a cada línea, comenzando por la de mayor longitud de onda. Esta sencilla fórmula permitía predecir la longitud de onda de las líneas del hidrógeno (ya conocidas entonces) con una precisión de 1 parte en 1000. Este descubrimiento inició la búsqueda de fórmulas similares en las series que se iban identificando en los complicados espectros de otros elementos. Gran parte de este trabajo lo hizo Rydberg en 1890, quien encontró más apropiado utilizar el número de onda

$$k \equiv \frac{1}{\lambda}$$

de la línea en lugar de su longitud de onda.

Mas tarde, Bohr logró, con su modelo atómico, explicar la emisión espectral por transiciones energéticas que efectúan los electrones. Al pasar de un estado energético a uno más bajo emiten radiación, dependiendo del átomo que integren y de sus estados inicial y final. Las series resultaron corresponder a transiciones con un nivel energético final común. De esta manera, la fórmula de Rydberg para el hidrógeno queda de la forma

$$k = R_H \cdot \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

donde  $n_1$  y  $n_2$  son números enteros correspondientes a los estados energéticos inicial y final del electrón respectivamente. El objetivo del experimento aquí descrito es analizar el método a emplear para determinar la constante de Rydberg, mediante el análisis espectroscópico de la serie de Balmer.

Según lo propuesto por Rydberg, la fórmula de Balmer queda de la siguiente forma:

$$k = R_H \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

donde  $R_H$  es la *constante de Rydberg para el hidrógeno*, valor que se desea hallar mediante la presente experiencia. En este caso,  $n_2=2$ , ya que el estado final de los electrones que emiten en las longitudes de onda correspondientes a la serie de Balmer, tienen como nivel energético final al correspondiente al primer estado excitado.

De la fórmula de Rydberg para el hidrógeno, se desprende que

$$\frac{dk}{d\frac{1}{n^2}} = -R_H$$

Así, al trazar una gráfica del número de onda de cada línea en función de  $1/n^2$  debería obtenerse una recta, cuya pendiente resultaría ser  $-R_H$ .

### Descripción del experimento

El dispositivo experimental era un *monocromador* (figura 1). Este dispositivo posee la capacidad de separar, mediante una red de difracción y una serie de espejos, un haz de luz policromática en varios haces monocromáticos, que van saliendo por una rendija de acuerdo al programa que se le imponga al aparato. Esto puede ser logrado mediante dispositivos electrónicos programables cuya función es controlar el movimiento de la red de difracción.

En la salida del monocromador se hallaba un fotomultiplicador, cuya tensión de amplificación puede variarse para obtener señales más intensas, a coste de mayor ruido. La salida del

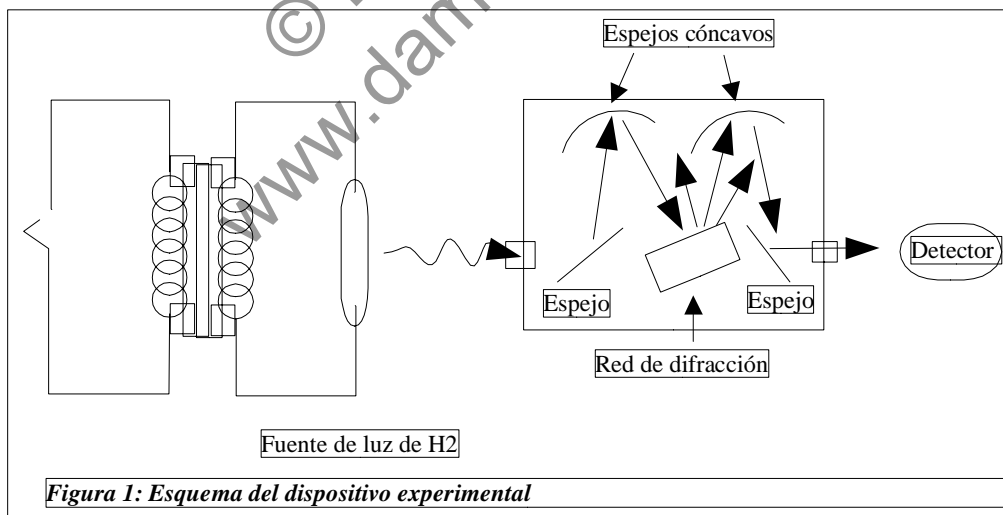


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental

fotomultiplicador se hallaba conectada a un adquisidor y este a una computadora, donde los datos fueron registrados para su posterior estudio. Se utilizó como fuente de luz un tubo con hidrógeno gaseoso conectado a una bobina, de manera que la excitación se producía por pasaje de corrientes eléctricas en forma de arcos.

El dispositivo original posee un agujero en su salida, pero el utilizado en este experimento posee una rendija agregada, de forma tal que su centro no coincide con la longitud de onda especificada por el fabricante. En estas condiciones, el dispositivo debe ser calibrado utilizando los datos referentes al mercurio, previamente conocidos. De esta manera, se puede fijar el valor de un

canal, y conocer el intervalo de longitudes de onda que corresponde a dos canales contiguos.

Para todos los muestreos se utilizó una velocidad de barrido del monocromador de 200nm por minuto, comenzando por 670nm en sentido decreciente. Sin embargo, la tensión aplicada al fotomultiplicador varió de acuerdo a la relevancia de las longitudes de onda a medir: ya que las longitudes de onda más pequeñas eran recibidas con menor intensidad, fueron aplicados voltajes más altos, a fin de tener una lectura de mayor magnitud y poder apreciarlas con claridad.

Por último, cabe mencionar que se realizaron 4 muestreos con la fuente de hidrógeno, siendo los tres primeros de prueba, y se tomó sólo una muestra con luz de mercurio.

## Resultados

Como fue mencionado anteriormente, el dispositivo debía ser calibrado, signando un valor a un canal y asignando un intervalo entre canales. Esto fue posible mediante el análisis del espectro del mercurio (figura 2). Así se asignó al canal nº 256 la longitud de onda del amarillo del mercurio (578nm) y un intervalo intercanal de 0,3356nm.

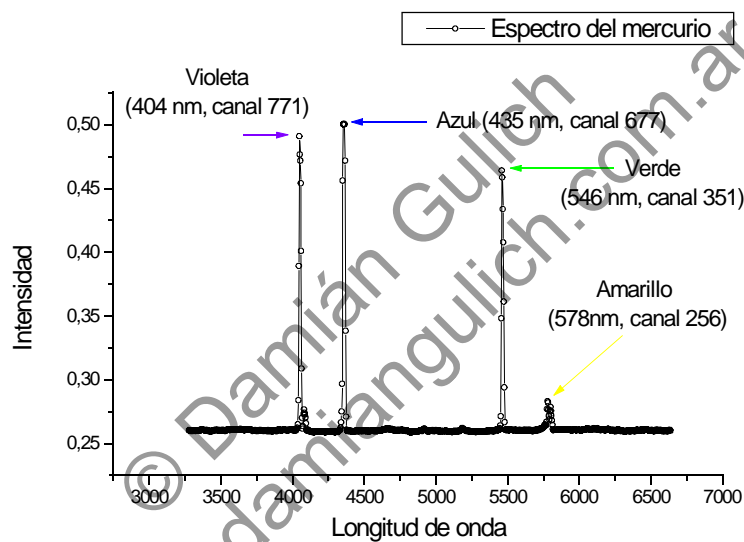


Figura 2: Espectro del mercurio

Así se pudo construir y analizar una gráfica del espectro del hidrógeno (figura 3). Con los datos de dicho espectro se calcula la constante de Rydberg; ambos (datos y constante) presentados en la siguiente tabla:

n	Lambda	1/Lambda	1/n <sup>2</sup>
3	6,57E-05	15221	0,1111
4	4,86E-05	20576	0,0625
5	4,34E-05	23041	0,0400
6	4,11E-05	24331	0,0278
7	3,98E-05	25126	0,0204

Constade de Rydberg (pendiente)	-109286,95
---------------------------------	------------

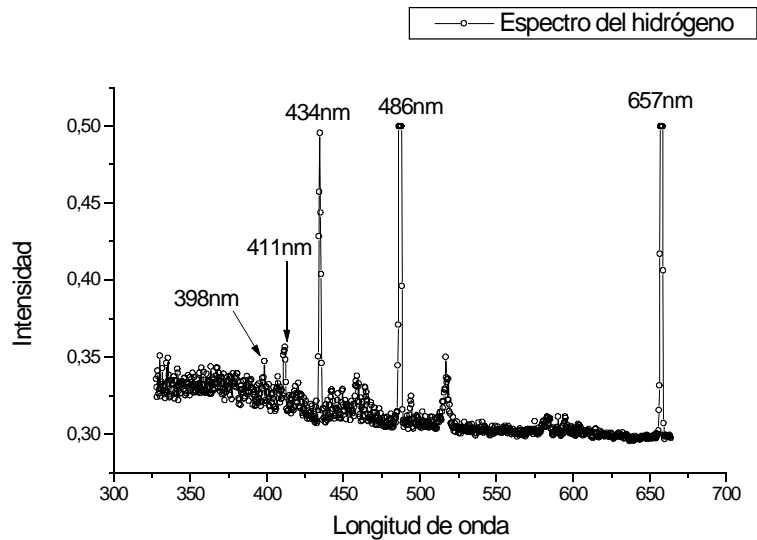


Figura 3: Espectro del hidrógeno

## Discusión

El resultado obtenido de la constante de Rydberg es aceptable: frente al valor aceptado de  $109677,576 \pm 0,012$  1/cm, el valor obtenido  $109286 \pm 437$  1/cm encaja dentro del error experimental, estimado por el corrimiento en un canal de todos los picos. Esto implica que, a mayor cantidad de canales (menor velocidad de barrido del monocromador), el error disminuye. Sin embargo, al disminuir la velocidad de barrido se corre el riesgo de calentamiento del equipo de adquisición (de no ser refrigerado), lo que conlleva a un aumento del ruido, pudiendo este alcanzar la altura de los picos. Esto se observa en la figura 3, en la zona de altas frecuencias.

Además, cabe mencionar el problema de la sincronización entre el comienzo del barrido y el inicio de la adquisición de los datos: en las mediciones que se realizaron en el marco del presente experimento, no hubo dispositivo automático alguno, por lo cual la sincronización se realizó en

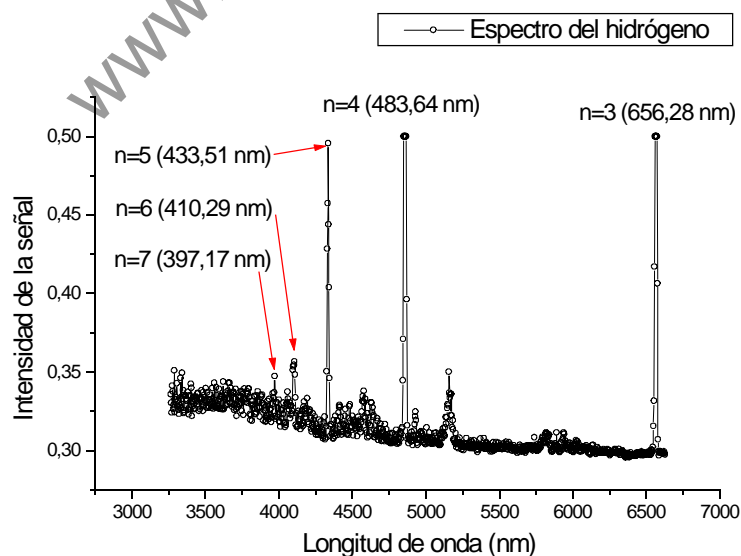


Figura 4: espectro del hidrógeno con los valores corridos dos canales hacia la izquierda

forma manual, introduciendo indefectiblemente, cierto grado de error al valor buscado. Esto se

puede observar de manera sencilla en la figura 4: es similar a la figura 3, con la diferencia de que toda la información ha sido corrida voluntariamente dos canales hacia la izquierda. El resultado: la constante de Rydberg vale ahora 109671, sensiblemente más cerca del valor aceptado.

Por último, se estima que la ausencia de luz en el laboratorio puede propiciar mejoría en las mediciones por la reducción del ruido.

## Conclusión

El método empleado resultó satisfactorio, pudiendo mejorar con la implementación de sistemas de filtrado de ruidos y disminuyendo la velocidad de barrido del monocromador.

Para finalizar, se recomienda automatizar la sincronización del comienzo del barrido del monocromador y el inicio de la adquisición de los datos.

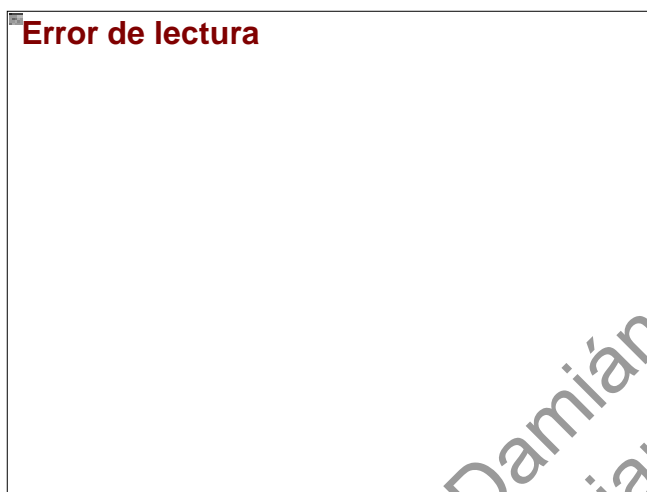


Figura 5: Representación de lo que le sucede a un haz de luz policromático al pasar por una red de difracción

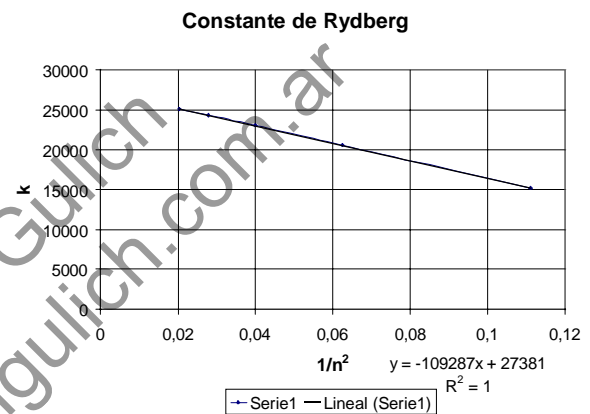


Figura 6: Gráfico de  $1/\lambda$  en función de  $1/n^2$