

# Series de Balmer

L. A. Soto Ruiz

*Laboratorio de Física II, ESFM-IPN, CDMX, México*

Enviada 28 Octubre 2024

En el primer experimento se analizaron las series de Balmer utilizando dos matrices de difracción diferentes. La primera, de la marca Leybold, tenía una resolución de 6000 líneas por cm, pero resultó poco precisa debido a su método de medición con una regla. En el segundo experimento, se empleó un monocromador y un fotomultiplicador, lo que permitió una observación más clara de las líneas espectrales. Se encontró que en el primer experimento se obtuvo un valor cercano a la frecuencia de Rydberg pero con la otra matriz la variación fue mas significativa, mientras que en el segundo, las mediciones, aunque limitadas, mostraron una variación de solo un por ciento, mejorando la precisión.

**Keywords:** *Balmer, Rydberg, Matriz de difracción, Monocromador*

## 1 Introducción

La serie de Balmer es una de las más importantes en el estudio del espectro del hidrógeno y desempeña un papel clave en la historia de la física moderna. Fue formulada por el físico suizo Johann Balmer en 1885, quien observó que las longitudes de onda de las líneas espectrales en la región visible del espectro del hidrógeno podían ser descritas mediante una fórmula matemática. [1]

La serie de Balmer se refiere a las líneas espectrales que resultan de transiciones electrónicas en el átomo de hidrógeno. Específicamente, ocurre cuando un electrón se mueve de niveles de energía superiores ( $n=3, 4, 5$ , etc.) al segundo nivel de energía ( $n=2$ ). Este proceso emite fotones que corresponden a longitudes de onda específicas en el espectro visible. [2]

Balmer derivó una fórmula para calcular las longitudes de onda de estas líneas espectrales, que se expresa de la siguiente manera:

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

con  $\lambda$  la longitud de onda,  $R_H$  es la constante de Rydberg para el hidrógeno (aproximadamente  $1.09710^7 m^{-1}$ ), y  $n$  es el número cuántico principal, donde  $n$  puede tomar valores enteros mayores que

2. Las líneas más conocidas de la serie de Balmer incluyen:

- H-alpha ( $n=3$  a  $n=2$ ) – 656.3 nm (rojo)
- H-beta ( $n=4$  a  $n=2$ ) – 486.1 nm (azul-verde)
- H-gamma ( $n=5$  a  $n=2$ ) – 434.0 nm (azul)
- H-delta ( $n=6$  a  $n=2$ ) – 410.2 nm (violeta)

El modelo atómico de Niels Bohr, introducido en 1913, utilizó las ideas de Balmer y las expandió para proporcionar una explicación más completa del espectro del hidrógeno. Bohr propuso que los electrones orbitan el núcleo en diferentes niveles de energía y que la luz se emite o absorbe cuando los electrones saltan de un nivel a otro. [3]

Otro valor interesante es la frecuencia de Rydberg, la cual esta dada como:

$$cR_{\infty} = 3.2898419602508 \times 10^{15} Hz. \quad (1)$$

## 2 Desarrollo

En este primer experimento medimos las diferencias entre las series de Balmer vistas con dos matrices de difracción diferentes, la primera se trata de una de la marca Leybold [4], con 6000/cm sin embargo este experimento no es muy preciso

debido a su naturaleza, la cual magnifica el haz de luz proporcionado por una lampara de hidrógeno y luego vista en una pantalla y medida con una regla

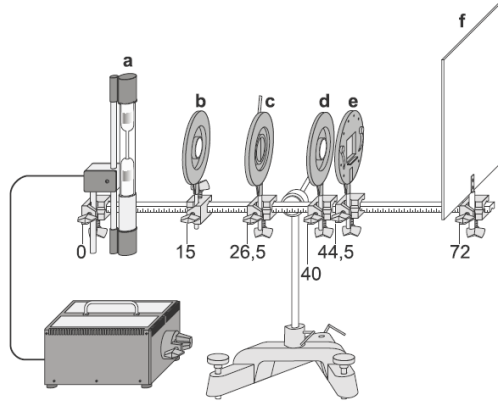


FIGURE 1. Montaje [4]

así pues para el segundo experimento el el montaje cambia, utilizando un monocromador y un fotomultiplicador para poder observar las líneas proporcionadas por la lampara de Hidrógeno.

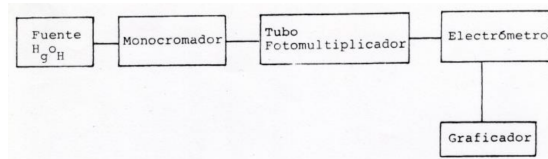


FIGURE 2. Montaje segundo experimento [5]

### 3 Resultados

En este primer experimento se tomo las medidas de las distancias y se convirtieron a longitudes de onda

Color	Izquierda	Derecha
rojo	0.115	0.077
turquesa	0.07	0.054
azul	0.05	0.0485

TABLE I. Primera Matriz de difracción

Color	Izquierda	Derecha
azul	0.035	0.045
turquesa	0.047	0.053
rojo	0.069	0.073
tuquesa	0.1185	0.123

TABLE II. Segunda Matriz de difracción

Para la segunda los datos se pusieron en la sección de anexos debido a la cantidad de datos, pero proporciono una lista comprimida de los valores que se alteran de las mediciones base.

$\lambda$	I
388.8	0.082
395	0.081
409.4	0.082
436	0.0865
487	0.12
658	0.45

TABLE III. Datos segundo experimento

### 4 Análisis de resultados

Para el primer experimento se realiza un análisis para obtener la longitud de onda y la frecuencia para poder comparar

$$\lambda = d \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2)$$

con

$$d = \frac{1}{g} = 1.67 \mu m \quad (3)$$

$$a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2 = 175 mm \quad (4)$$

y finaomente

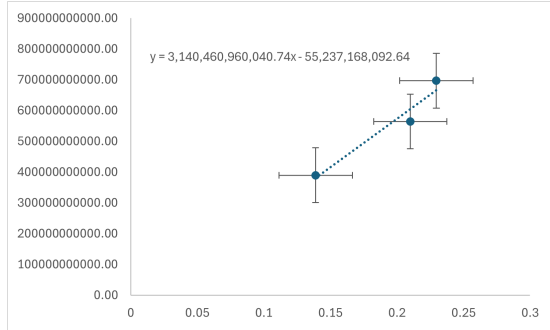
$$v = \frac{c}{\lambda} \quad (5)$$

teniendo la siguiente tabla

Color	$\lambda$	$\lambda$ (nm)	$\nu$ (Hz)	$\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}$
rojo	7.70121E-07	770.12	389549300123.31	0.13888889
turq	5.31545E-07	531.55	564392342418.87	0.21
azul	4.3039E-07	430.39	697042988136.80	0.22959184
azul	3.53591E-07	353.59	848438722374.81	0.23765432
tuquesa	4.36497E-07	436.50	687289524145.39	0.22959184
rojo	5.99288E-07	599.29	500593899416.00	0.21
turquesa	9.1356E-07	913.56	328385792174.37	0.13888889

TABLE IV. Tabla de resultados del primer experimento

para el primer experimento obtenemos

FIGURE 3. Gráfico  $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} - \nu$  para el primer experimento

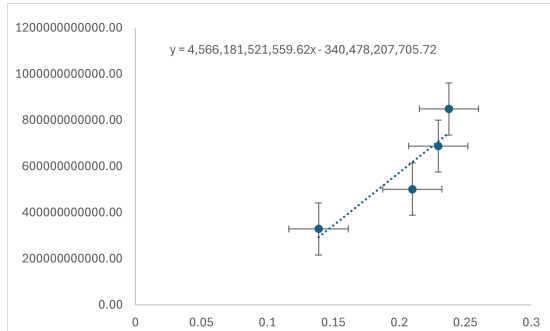
vemos como el primero se acerca bastante mas a el valor real

$$E\%1 = 4.53\% \quad (8)$$

$$E\%2 = 38.83\% \quad (9)$$

Asi vemos que el primer valor es el mas cercano al real, tomando este valor así pues

$$cR_{\infty} = 3.140 \times 10^{15} \pm 0.142 \times 10^{15} s^{-1} \quad (10)$$

FIGURE 4. Gráfico  $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} - \nu$  para el segundo experimento

asi pues vemos que los dos valores son

$$cR_{\infty} = 3.140 \times 10^{15} s^{-1} \quad (6)$$

y

$$cR_{\infty} = 4.566 \times 10^{15} s^{-1} \quad (7)$$

Para el segundo experimento vemos la distribucion de datos como

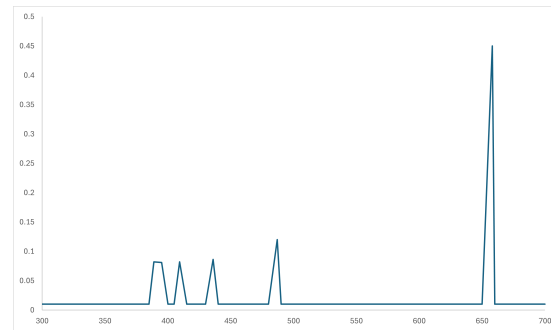


FIGURE 5. Distribución segundo experimento

así pues graficando estos valores de longitud de onda obtenemos

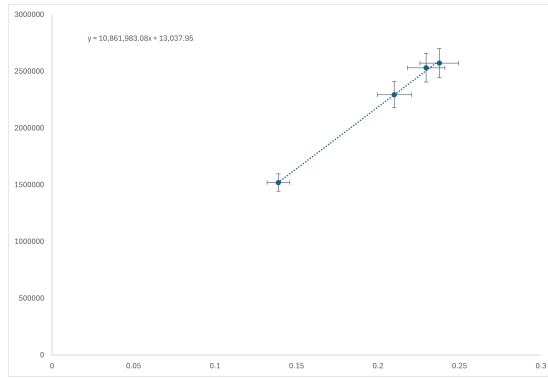


FIGURE 6. Grafico  $\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} - \frac{1}{\lambda}$

Asi pues obteniendo

$$R_H = 1.086 \times 10^7 m^{-1} \quad (11)$$

Por lo que

$$E\% = 1.00\% \quad (12)$$

$$R_H = 1.086 \times 10^7 \pm 0.0108 \times 10^7 m^{-1} \quad (13)$$

lo cual es un buen valor para la constante.

## 5 Conclusión

Para esta practica pudimos ver que en el primer experimento se obtuvo un valor muy cercano a

la constante de la frecuencia de Rydberg mientras que otro se alejo bastante, esto por el uso de otra matriz de difracción, mientras que en el segundo experimento al usar un monocromador en lugar de una matriz de difracción y un fotomultiplicador en vez de una regla, las mediciones aunque son pocas al igual que el primer experimento la variación fue de solo uno por ciento.

## 6 Referencias

1. J. Balmer, "Über die spectrallinien des wasserstoffs," *Annalen der Physik*, vol. 250, pp. 80–89, 1885.
2. H. R. Griem, *Spectral Line Broadening by Plasmas and Magnetic Fields*. Springer, 2000.
3. D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*. Pearson, 2018.
4. "Ruled grating, 6000/cm (Rowland) - Optical measurements - Electrical measuring instruments - Measuring technology - Product catalogue chemistry/biology - Chemistry," Oct. 2024. [Online; accessed 27. Oct. 2024].
5. C. A. Vargas, "Serie de Balmer de Hidrogeno."

**7 Anexo I**

**8 Tablas**

Table V: Add caption

$\lambda$	I
300	0.01
305	0.01
310	0.01
315	0.01
320	0.01
325	0.01
330	0.01
335	0.01
340	0.01
345	0.01
350	0.01
355	0.01
360	0.01
365	0.01
370	0.01
375	0.01
380	0.01
385	0.01
388.8	0.082
395	0.081
400	0.01
405	0.01
409.4	0.082
415	0.01
420	0.01
425	0.01
430	0.01
436	0.0865
440	0.01
445	0.01
450	0.01
455	0.01
460	0.01
465	0.01
470	0.01
475	0.01
480	0.01
487	0.12
490	0.01
495	0.01
500	0.01
505	0.01
510	0.01
515	0.01
520	0.01
525	0.01
530	0.01
535	0.01
540	0.01
545	0.01
550	0.01
555	0.01
560	0.01
565	0.01
570	0.01
575	0.01
580	0.01
585	0.01
590	0.01
595	0.01
600	0.01