

SERIE DE BALMER: DETERMINACION DE LA CONSTANTE DE RYDBERG

1 OBJETIVO

- Determinar la constante de la malla de una red de difracción usando varias líneas espectrales conocidas de Hg en el rango visible.
- Determinar la constante de Rydberg de la medida de las longitudes de las líneas visibles de la serie de Balmer del H.

2 EQUIPO

- Tubo espectral, Hg
- Tubo espectral,, H
- Agarre para tubo espectral
- Cubierta tubular para tubo espectral
- Red de difracción
- Fuente de alto voltaje
- Regla, 1m
- Portatubos
- Barra de soporte, 0.4m
- Trípode y base
- Cables

3 TEORIA

3.1 Red de difracción

Se se ilumina una red con constante de malla g (que da el número de rendijas/líneas de la red por unidad de longitud) con luz de longitud de onda λ , ésta se difracta. Aparecerán picos de intensidad más allá de la red cuando el ángulo de difracción α cumpla la condición de Bragg:

$$k\lambda = g \sin \alpha, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

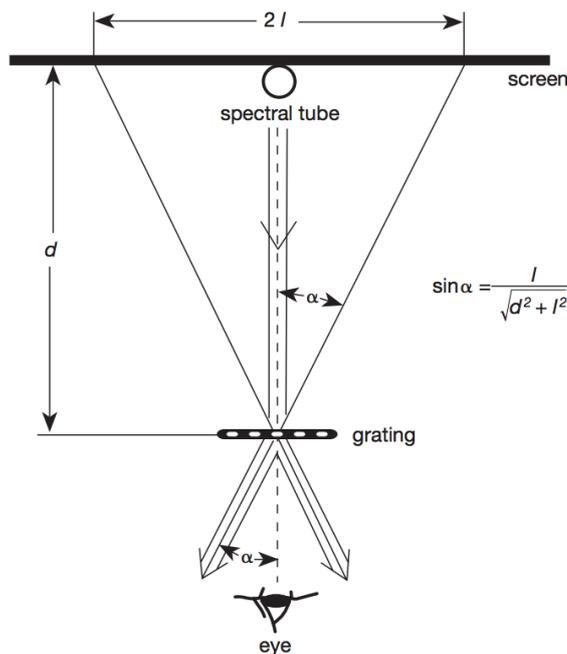


Figure 1: Difracción de luz por una red.

El entero k da el orden de la difracción, con $k = 0$ correspondiendo a ausencia de difracción. Cuando una persona está frente a la red, la luz difractada será recogida por ésta en su retina. Por lo tanto, la fuente de luz la verá en el color de la línea espectral sobre la posición de la regla alineada con la prolongación del haz de luz (ver Fig. 1). Para el orden n de difracción, se puede deducir la siguiente relación fácilmente:

$$k\lambda = \frac{gl}{\sqrt{d^2 + l^2}}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

El valor de la constante de la malla g se puede obtener de esta ecuación si se conoce previamente la longitud de onda de la fuente.

3.2 Espectro del hidrógeno

Debido a los procesos ionizantes causados por colisiones, el H_2 molecular se convierte en hidrógeno atómico en el tubo espectral caliente. Electrones de los átomos de hidrógeno son excitados a niveles energéticos más altos por las colisiones con alguno de los electrones libres que tienen suficiente energía. Cuando estos electrones excitados vuelven a sus niveles energéticos originales, emiten luz con una frecuencia ν determinada por la diferencia de energía entre los dos estados implicados de acuerdo a:

$$h\nu = \Delta E, \quad (3)$$

siendo $h = 6.6261 \times 10^{-34} \text{m}^2\text{kg/s}$ la constante de Planck. La Mecánica Cuántica predice que la energía de los niveles del átomo de H son,

$$E_n = -\frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

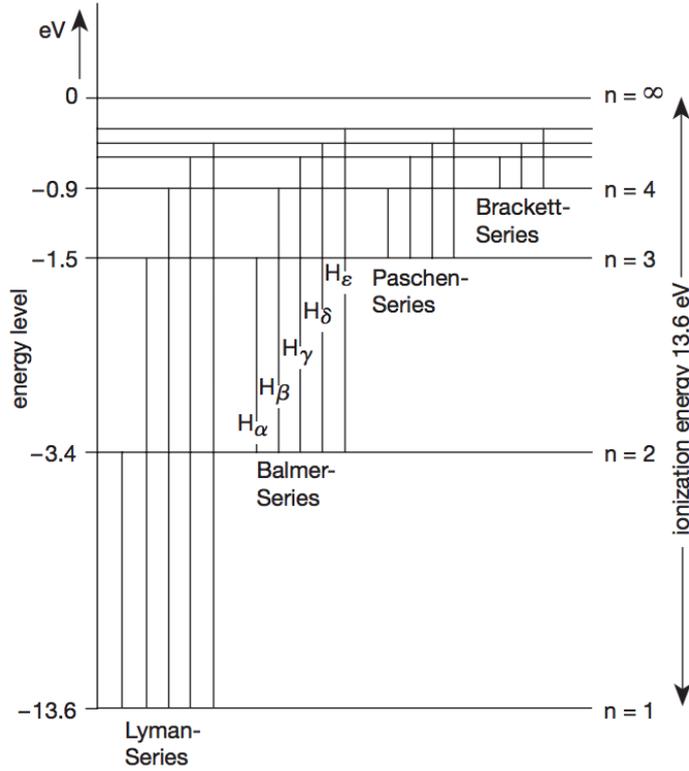


Figure 2: Serie espectral del hidrógeno.

siendo n su número cuántico principal, $\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-34} \text{As/V}$ es la constante dieléctrica del vacío, $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ es la carga del electrón y $m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{kg}$ su masa en reposo. La luz emitida puede tener, por tanto, las siguientes frecuencias:

$$\nu_{mn} = -\frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad n, m = 1, 2, 3 \dots \quad (5)$$

donde $n < m$ es el estado final del electrón. Esta expresión se rescribe frecuentemente en términos de la inversa de la longitud de onda, $\lambda^{-1} = \nu/c$, siendo c la velocidad de la luz,

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = \text{Ry} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad n, m = 1, 2, 3 \dots \quad (6)$$

con la constante de Rydberg siendo:

$$\text{Ry} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\epsilon_0^2 h^3 c} = 1.097 \times 10^7 \text{m}^{-1}. \quad (7)$$

Existen diferentes series espectrales (ver Fig. 2) dependiendo de n , el número principal del estado final del electrón:

- $n = 1$, serie de Lyman - ultravioleta
- $n = 2$ serie de Balmer - ultravioleta y visible

- $n = 3$ serie de Paschen - infrarrojo
- $n = 4$ serie de Bracket - infrarrojo
- $n = 5$ serie de Pfund - infrarrojo

Solamente las tres primeras caen en el rango del visible, que se extiende de 380 a unos 750 nanometros.



Figure 3: Experimento de la serie de Balmer.

4 METODO EXPERIMENTAL

El método experimental a usar se muestra en la Fig. 3. Dependiendo de la medida se conectarn tubos espectrales de hidrógeno o mercurio a la fuente de alto voltaje. Se calentarán y serán la fuente de luz. La fuente se ajustará a un voltaje de unos 5kV. La regla estará justo detrás del tubo espectral para minimizar errores de paralaje. La red de difracción se colocará a unos 50 cm de la fuente de luz. Se utilizará un soporte para asegurar que la red esté a la misma altura que el tubo espectral. Si todo está correcto, debería verse claramente un fino capilar luminoso vertical sobre la superficie del tubo desde la red. La habitación debería de estar suficientemente oscura para poder apreciar las líneas espectrales simultáneamente con las marcas de la regla.

Se procederá del siguiente modo:

1. Se medirá la distancia de la red de difracción a la regla, d .

2. Se usará primero el tubo de Hg. Se medirá la distancia $2l$ entre líneas del mismo color a la derecha e izquierda del tubo sin mover la cabeza. Deberían apreciarse al menos tres líneas espectrales diferentes.
3. Se usarán las medidas obtenidas para determinar la constante de malla g . Habrá que tener en cuenta que las longitudes de onda de las líneas del Hg en visible son:

Color	longitud de onda (λ [nm])
amarillo	578.0
verde	546.1
azul	434.8

4. Se cambiará el tubo spectral de Hg (pedir a un profesor que lo haga!) por el tubo spectral de hidrógeno.
5. Se medirá de nuevo la distancia $2l$ entre líneas del mismo color a derecha e izquierda sin mover la cabeza. Deberían verse con claridad al menos las correspondientes a $m = 1$ y $m = 2$ y, posiblemente también la $m = 3$, aunque ésta última puede requerir un entorno bien oscuro.
6. Se usarán las distancias medidas para determinar el valor de la longitudes de onda de las tres líneas de Balmer usando el valor de la constante g que se determinó con anterioridad con el tubo de mercurio.
7. Se usarán estas longitudes para determinar la constante de Rydberg's constant.

IMPORTANTE: A la hora de cambiar los tubos espectrales, pedirle a vuestro profesor o al técnico de laboratorio que lo haga.

—!! NO LO HAGAI VOSOTROS!!

5 PREGUNTAS

- Discutir la exactitud de las medidas obtenidas para las longitudes de onda de la serie de Balmer. Como comparan con los valores que se obtienen de la Eq. 6?
- Discutir la exactitud del valor obtenido de la constante de Rydberg. Compararlo con el valor teórico (Eq. 7).
- Discutir las posibles fuentes de error.