

Espectros Atómicos



El premio Nobel en física en el año 1922 se otorgó a Niels Bohr “*por sus servicios en la investigación de la estructura de los átomos y de la radiación que de ellos emana*”.

Equipo

- Espectrómetro de prisma
- Prisma
- Rejilla de difracción
- Lámpara de descarga
- Tubos con diferentes elementos en estado gaseoso (He, Hg, Ne, etc)
- Guantes desechables
- Lámpara auxiliar



Figura 1: Montaje experimental disponible para la práctica

Objetivos

- Observar las líneas de emisión y absorción de diferentes elementos usando una rejilla de difracción y un prisma.
- Relacionar la longitud de onda conocida de las líneas espectrales con una variable de longitud para luego extrapolar la relación y medir cuantitativamente un espectro en principio desconocido.

Conceptos Clave

Espectrómetro de prisma, índice de refracción, rejilla de difracción, espectro de emisión y absorción, líneas espectrales, teoría atómica de Bohr, acople S-L.

Bibliografía

- [1] R.M. Eisberg and R. Resnick. *Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei, and particles*. Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles. Wiley, 1985.
- [2] "Niels Bohr - Banquet Speech". Nobelprize.org. Nobel Media AB 2014. Web. 12 Dec 2016. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/bohr-speech.html

Marco teórico

Desde que Kirchhoff y Bunsen introdujeron el análisis espectral en 1860 con el cual descubrieron elementos como el Cesio y que permitieron a los astrónomos Pierre Janssen y Norman Lockyer descubrir el Helio observando al Sol durante un eclipse en 1868 (ver Fig.2). El análisis se basa en el estudio de la radiación electromagnética emitida por un elemento, en particular un gas, cuando este se somete a algún tipo de estímulo como por ejemplo un aumento de temperatura, un alto voltaje o es irradiado con luz. Esta radiación ocurre en determinadas longitudes de onda que varían de acuerdo a la estructura atómica de cada elemento [2]



Figura 2: Espectro de emisión del Helio

A finales del siglo XIX se habían realizado varios intentos por encontrar un patrón en los espectros de diferentes sustancias teniendo como fundamento vibraciones en un sólido. Sin embargo, este camino resultó infructuoso y se hizo necesario probar mediante

el cálculo directo alguna relación entre las longitudes de onda de las líneas espectrales. Fue en 1885 cuando Balmer encontró la siguiente fórmula para el espectro del Hidrógeno

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

con $B = 3,6450682 \times 10^{-7}m$ una constante y $n = 3, 4, 5, \dots$. Más adelante, Rydberg estudiando los espectros de otros elementos llegó a una fórmula más general, explícitamente [1]

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right), \quad (2)$$

con $n_1 < n_2$ números enteros y R_{∞} la constante de Rydberg. Finalmente en 1913 con la teoría atómica de Bohr y los cuantos de energía propuestos por Planck se logró explicar la fórmula de Rydberg en términos de la energía electromagnética que puede absorber o emitir un átomo cuando realiza una transición de un estado cuántico a otro. Adicionalmente, la constante de Rydberg se pudo calcular en términos de otras constantes fundamentales verificando la validez de la teoría.

Ejercicio 1

1. Investigue qué valor toma la constante de Rydberg en el SI y cómo se puede calcular a partir de constantes fundamentales.
2. Realice un breve resumen de la teoría atómica de Bohr.
3. ¿Qué determina el ancho de una línea espectral?
4. ¿Qué tipo de efectos provocan un corrimiento de las líneas espectrales?
5. ¿Qué tipo de efectos provocan un desdoblamiento en las líneas espectrales?
6. Investigue sobre la difracción debido a una rendija. ¿Cómo depende el ángulo de difracción donde se encuentra un máximo de intensidad de la longitud de onda incidente?
7. Investigue sobre la difracción debido a un prisma. ¿Cómo depende el coeficiente de refracción con respecto a la longitud de onda?
8. Consulte el espectro del Helio, Hidrógeno, Mercurio, Kriptón y Argón. Para los tres primeros debe incluir cuáles son los niveles de las transiciones y las longitudes de onda que estas transiciones generan.

Montaje y Experimento

El espectrómetro que se usará durante la práctica consiste en un colimador, un telescopio, una regla amplificada mediante la lámpara auxiliar y un elemento difractivo, en este caso el prisma. Cada uno de estos elementos puede identificarlos en la Fig.3.

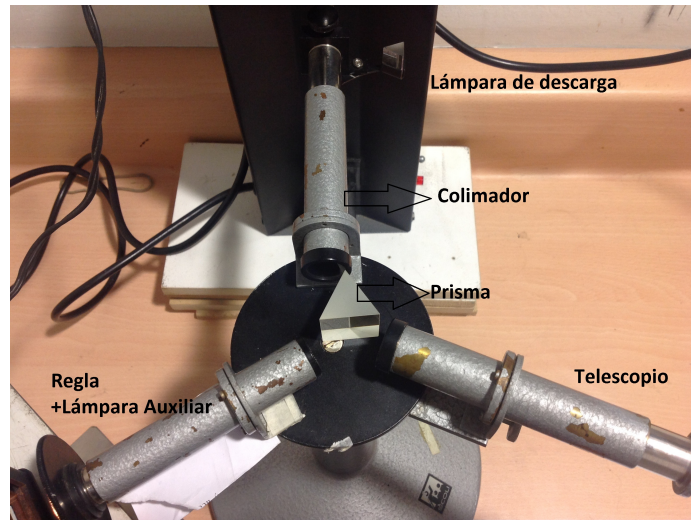


Figura 3: Espectrómetro y lámpara de descarga

Para alinear y enfocar el espectrómetro debe seguir los siguientes pasos

- Usando los guantes desechables, manipule el tubo que contiene Mercurio (Hg) y ubíquelo en la lámpara de descarga. Conecte la lámpara y enciéndala. Apunte el colimador hacia la lámpara dejando la menor distancia posible entre el extremo del colimador y la lámpara tal que el tubo de gas pueda cambiarse sin modificar la posición del colimador.
- Sin colocar el prisma, debe alinear el colimador y el telescopio como se muestra en la Fig. 4. El colimador tiene una rendija en el extremo que apunta a la lámpara de descarga cuyo ancho puede variar usando el tornillo en la parte superior del colimador. Note que en los extremos del colimador, el telescopio y la regla se cuenta con un sistema de enfoque, el cual se usa simplemente halando dicho extremo.



Figura 4: Alineación del colimador y el telescopio

- Ajuste el ancho de la rejilla en el colimador a un valor intermedio y observe por el telescopio. Debería ver la luz proveniente de la lámpara y que pasa por la rendija. La rendija debe verse vertical, de lo contrario gire el extremo del colimador. Ahora realice ajustes en el foco del colimador y el telescopio (preferiblemente en el telescopio) tal que las imperfecciones de la rendija se vean claramente.

Con el telescopio y el colimador enfocados, puede proceder a colocar el prisma (manipular con los guantes) como se muestra en la Fig. 3.

Actividad 1: Calibración del espectrómetro

Con el prisma en posición, encienda la lámpara auxiliar y ubíquela lo más cerca posible al extremo de la regla. Girando el telescopio en sentido antihorario unos $40^\circ - 60^\circ$ aproximadamente busque las líneas espectrales correspondientes a la lámpara de Hg. Para saber qué líneas debería observar, observe a través de la rejilla de difracción e identifique los colores.

Recomendación: Siempre que vaya a realizar observaciones y mediciones del espectro es recomendable que todas las luces del espacio donde se encuentre estén apagadas.

Cuando encuentre las líneas espectrales, debería ver también la regla. Si no logra ver las líneas espectrales, debe modificar la posición de su prisma, rótelos suavemente en sentido horario o antihorario hasta que observe las líneas espectrales. Debería observar algo similar a lo que se muestra en la Fig. 5.

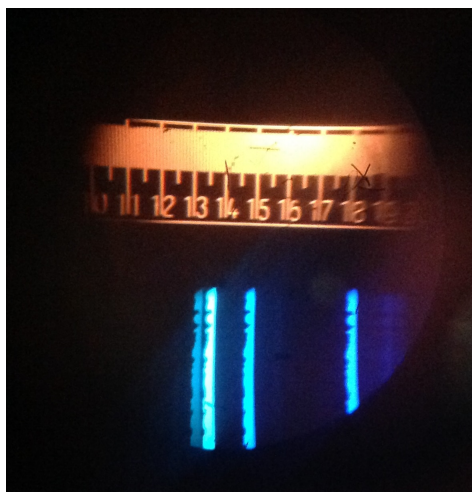


Figura 5: Observación a través del telescopio para gas de Helio

Note que en la Fig. 5 la regla se encuentra por encima de las líneas espectrales. Para realizar mediciones con mayor precisión las líneas y la regla deberían quedar a la misma altura, de hecho puede ser esta la razón por la que no ve la regla. Para lograr esto, puede cambiar levemente la posición vertical del tubo ajustando el respectivo tornillo o colocando un papel entre el tubo y la mesa giratoria para levantar el tubo. Si la regla se ve borrosa puede ajustar el foco del tubo de la regla.

1. Ubíque el cero en la escala de la regla antes de la primera línea roja que observe en el espectro del Hg. Tome una medición de las líneas espectrales con longitud de onda conocida (según lo que investigó) con respecto a la escala de la regla.
2. Realice una gráfica de la longitud de onda en función de la escala en la regla. ¿Qué comportamiento se observa? Realice un ajuste apropiado.
3. ¿Por qué algunas de las líneas espectrales se ven más tenues que otras? Ajuste la abertura de la rejilla del colimador y describa que sucede con el ancho e intensidad de las líneas espectrales.

Actividad 2: Líneas espectrales de H, He y constante de Rydberg

1. Apague la lámpara de descarga y espere a que el tubo de Hg se enfríe. Sin mover ningún elemento del montaje, retire el tubo de Hg usando los guantes desechables y coloque el de Helio (He). Realice las mediciones con la regla e identifique las líneas espectrales del nuevo elemento. Usando el ajuste obtenido en el punto 2), determine la longitud de onda de estas líneas espectrales. Compárelas con las longitudes de onda reales y obtenga un porcentaje de error. ¿Qué tan bueno es el ajuste que realizó? ¿Qué podría hacer para mejorarlo?
2. Repita el punto anterior para el tubo que contiene Hidrógeno. Usando los datos de longitud de onda obtenidos del ajuste y sabiendo las transiciones de estado que generan dicha línea espectral, calcule la constante de Rydberg.

Actividad 3: Líneas espectrales de los gases nobles Ne, Ar, Kr y Xe

1. Coloque las lámparas de Neón, Argón, Kriptón y Xenón y mida las líneas espectrales con mayor intensidad. Podría disminuir el tamaño de la rendija del colimador para identificar tales líneas. Con el ajuste realizado en la actividad 2, calcule las longitudes de onda respectiva y compárelas con las reportadas en los espectros de cada elemento.

Ejercicio 2

1. ¿En qué magnitud cree que afectan las siguientes variables en el experimento? -
 - Impurezas en el gas contenido en los tubos
 - Temperatura del gas
 - Apertura de la rendija del colimador
 - Errores de paralaje
2. ¿Cómo podría (si es posible) minimizar los efectos de las variables mencionadas en el punto anterior?