

Determinación experimental de la estructura fina

Alejandro Hernández A. Daniel Sánchez M.

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

Octubre 29, 2015

Tabla de contenidos

- 1 ¿Qué es la estructura fina?
- 2 Trabajos previos
- 3 Montaje experimental
 - Espectrómetro ESPARTACO
- 4 Resultados experimentales
 - Sodio
 - Hidrógeno
 - Deuterio
- 5 Perspectivas futuras

¿Qué es la estructura fina?

El espectro atómico predicho por el modelo de Bohr solo depende del número cuántico principal n , pero dicho modelos excluye **efectos relativistas** además del **spin electrónico**. La estructura fina describe el splitting de las líneas espectrales de diversos átomos debido a las correcciones introducidas por esos efectos en la ecuación de Schrödinger.

El hamiltoniano total del sistema es

$$H = H_0 + H_{kinetic} + H_{SO} + H_{Darwin} \quad (1)$$

¿Qué es la estructura fina?

- **Término cinético** $H_{kinetic} = -\frac{p^4}{8m^3c^2}$

$$K = \sqrt{p^2c^2 + m^2c^4} - mc^2 = \frac{p^2}{2m} - \frac{p^4}{8m^3c^2} + \dots$$

- **Término Spín-Órbita** $H_{SO} = \frac{1}{2} \left(\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0} \right) \left(\frac{g_s}{2m^2c^2} \right) \frac{\vec{L} \cdot \vec{S}}{r^3}$

- **Término Darwiniano** $H_{Darwin} = \frac{\hbar^2}{8m^2c^2} 4\pi \left(\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0} \right)$

$$\text{Efecto total } \Delta E = \frac{E_n(Z\alpha)^2}{n} \left(\frac{1}{j+\frac{1}{2}} - \frac{3}{4n} \right)$$

El **objetivo de este proyecto** es evidenciar los efectos previamente mencionados al comprobar que la separación entre las líneas espectrales es proporcional a $(Z\alpha)^2$, donde $\alpha = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c}$ es la constante de estructura fina y Z es el número atómico.

- Acosta J., Ramírez D., Proyecto final de laboratorio Intermedio, 2015-1.
- Laboratorio de Física Moderna.
- Diversos proyectos del profesor Benjamín Oostra.

- **Espectrómetro ESPARTACO**



Figura : Dispositivo ESPARTACO en el observatorio del edificio H.

Otros elementos utilizados

- **Tubos contenedores de gases**



Figura : Diversos gases confinados en tubos especiales.

- **Base**



Figura : Base para poner los tubos.

- Exponer el gas de calibración y el gas al cual se desea medir estructura fina al "lente" de ESPARTACO.
- Recopilación de datos con un software basado en MIDAS [1].
- Verificar una "buena" toma de datos.
- Análisis de datos con el software IRIS [2]

Resultados experimentales - Sodio



Figura : Neón-Sodio.



Figura : Sodio.



Figura : Sodio.

Resultados experimentales - Sodio

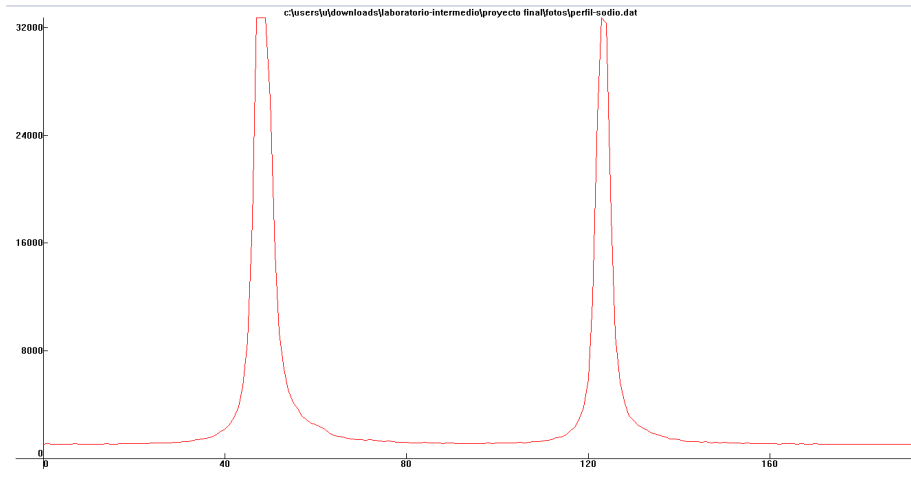


Figura : Perfil-Sodio.

Resultados experimentales - Sodio

Fit lineal de los datos: $y = 7,65 \cdot 10^{-3}x + 586,77$, $r^2 = 0,999971225$

Separación en pixeles: 76

Separación en longitud de onda: 0,58 *nm*

Separación teórica: 0,59 *nm*

Error porcentual: 2,66 %

Resultados experimentales - Hidrógeno - Deuterio

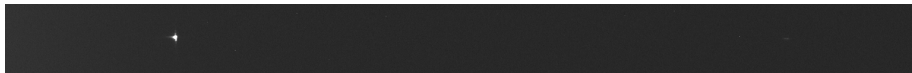


Figura : Neón-Hidrógeno.



Figura : Hidrógeno.



Figura : Deuterio.

Resultados experimentales - Hidrógeno - Deuterio



Figura : Neón-Hidrógeno.



Figura : Hidrógeno.



Figura : Deuterio.

Resultados experimentales - Hidrógeno - Deuterio

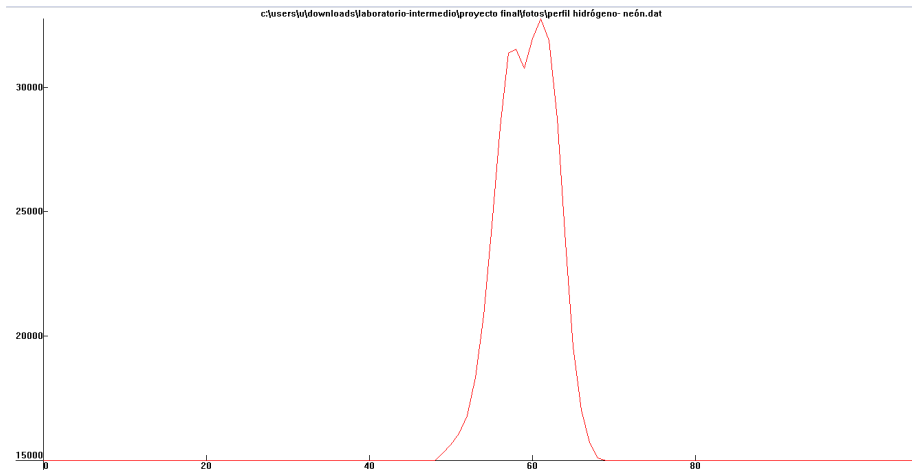


Figura : Perfil-Hidrógeno.

Resultados experimentales - Hidrógeno - Deuterio

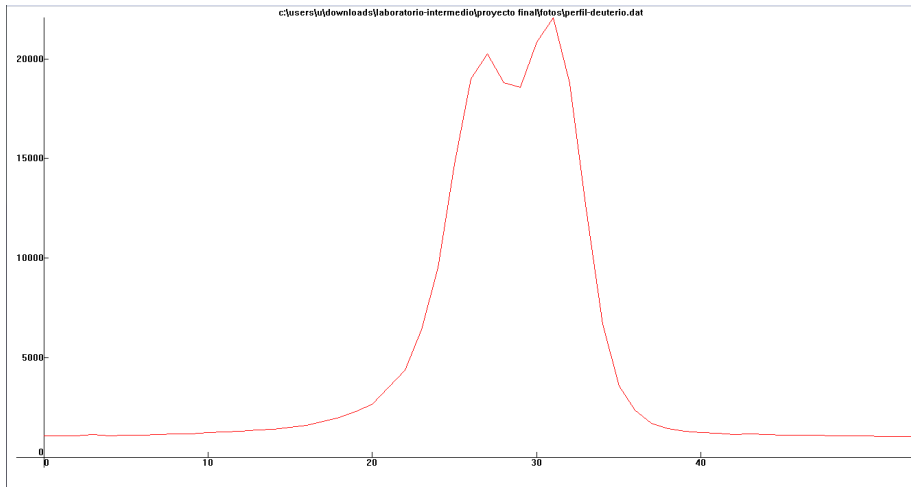


Figura : Perfil-Deuterio.

Resultados experimentales - Hidrógeno - Deuterio

Fit lineal de los datos: $y = 7,65 \cdot 10^{-3}x + 586,77$, $r^2 = 0,999971225$

Separación en pixeles Hidrógeno: 3

Separación en pixeles Deuterio: 4

Separación en longitud de onda Hidrógeno: 0,008 *nm*

Separación en longitud de onda Deuterio: 0,012 *nm*

Separación teórica: 0,016 *nm*

Error porcentual Hidrógeno: 43,9 %

Error porcentual Deuterio: 25,2 %

- Verificar la proporcionalidad a $(Z\alpha^2)$.
- Realizar mediciones para otros gases, entre ellos, helio, cadmio, mercurio y zinc.
- Realizar nuevamente las mediciones para hidrógeno y deuterio con el fin de reducir los errores porcentuales obtenidos.

References



IRIS.

Software para análisis espectrográfico obtenido de
<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>



MIDAS

Software para el procesamiento de imágenes desarrollado por ESO, cuya información se encuentra en
<http://www.eso.org/sci/data-processing/software/esomidas/>



Cohen-Tannoudji et al. (1992)

Quantum Mechanics Volume II
Cap. XII, págs. 1247 – 1257.



Oostra B., Ramírez D. (2011)

Espartaco: A High-Resolution, Low-Cost Spectrograph For Students
Revista Colombiana de Física 43(2), 312 – 317.

Gracias...totales.