

Efecto Zeeman - hoja de resultados

Cédric Prieels

3 de marzo de 2016

1. Objetivos de la práctica

Esta práctica tenía como objetivo principal la visualización del efecto Zeeman (desdoblamiento de los niveles de energía al aplicar un campo magnético) con una fuente luminosa de cadmio, estudiando su línea de emisión roja correspondiente a la transición de su estado 1D a 1P .

Un otro objetivo de la práctica era la determinación y la verificación experimental del ratio entre la carga y la masa del electrón, a partir de la expresión de la frecuencia de Larmor asociada al triplete de Lorentz debido a este tipo de transición.

Por fin, teníamos que comprobar los diferentes estados de polarización esperados para las diferentes líneas de este triplete de Lorentz, compuesto de una línea llamada π y de las dos líneas σ^\pm y debidas a la interacción entre los átomos y el campo magnético externo aplicado.

2. Dispositivo experimental

Teníamos a nuestra disposición en el laboratorio un electroimán, que produce un campo magnético de intensidad variable, en función de la intensidad de la corriente que circula por él. Un voltímetro y un amperímetro se usan para saber que intensidad y voltage de corriente corresponde al campo magnético aplicado, que se mide con un gaussmetro (que tiene que tener una orientación fija).

Usamos también una lámpara de cadmio, y algunos elementos de óptica como un filtro rojo (para aislar la línea de emisión roja que queremos estudiar), un interferómetro de Lummer-Gehrcke, una lámina cuarto de onda y un polarizador para analizar el tipo de polarización de la luz.

3. Resultados obtenidos

3.1. Medida del campo magnético

La primera medida hecha corresponde en medir el valor del campo magnético del electroimán en función del voltage y de la intensidad de la corriente aplicada. Hay que medir el campo magnético subiendo la intensidad, y también bajando la intensidad por el fenómeno de histéresis que puede aparecer. Los resultados aparecen en la tabla 1 y en la figura 1.

Voltage (V)	Intensidad (A)	Campo magnético subiendo I (T)	Campo magnético bajando I (T)
7,59	7	0,509	0,526
8,14	7,5	0,544	0,563
8,71	8	0,579	0,596
9,25	8,5	0,611	0,632
9,81	9	0,644	0,664
10,36	9,5	0,673	0,693
10,96	10	0,700	0,716
11,52	10,5	0,722	0,734
12,14	11,04	0,750	///

Cuadro 1: Campo magnético en función del voltage y de la corriente en el electroimán.

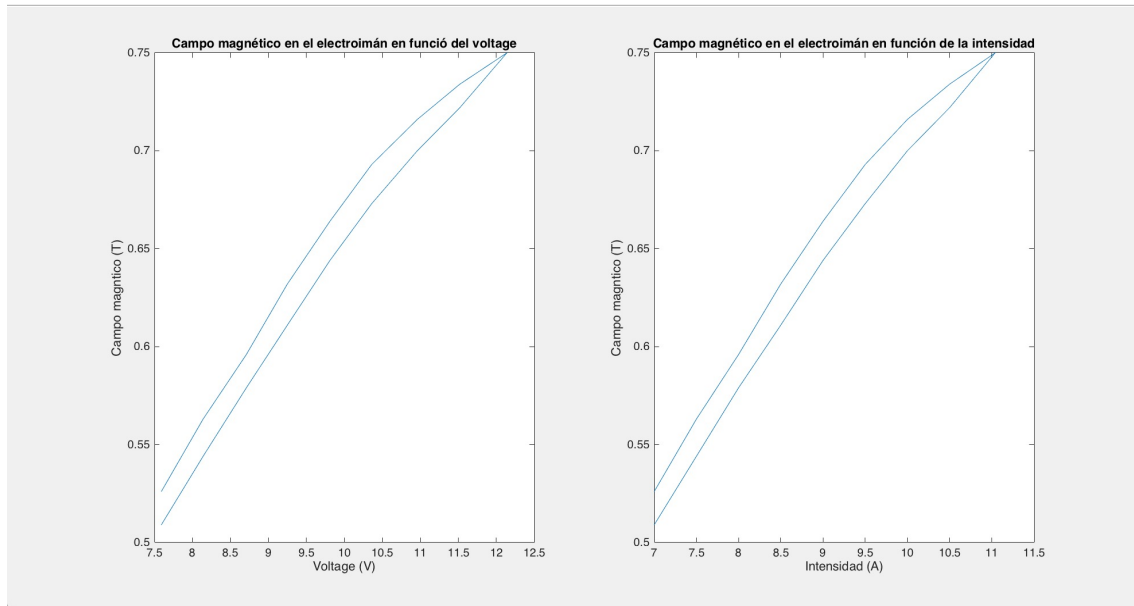


Figura 1: El fenómeno de histéresis se ha medido con el dispositivo experimental.

3.2. Visualización del efecto Zeeman

Después de poner la lámpara de cadmio, hemos podido visualizar el espectro de emisión completo, y después la línea roja de emisión, poniendo un filtro rojo entre la lámpara y el interferómetro. En este caso, solo vemos algunas líneas rojas y **cuando aumentamos el campo magnético, vemos que cada línea se separa en tres (una más brillante que no mueve, y dos que se mueven por arriba y por abajo)**. Son las tres líneas del triplete de Lorentz, debidas al efecto Zeeman.

3.3. Determinación de la relación carga masa del electrón

Usando las expresiones dadas en los apuntes de preparación, se puede ver algo del siguiente tipo, siendo $\Delta\lambda$ la variación en longitud de onda, $\Delta\nu$ la variación en frecuencia, Δa la distancia entre dos máximos consecutivos de la figura de interferencias sin campo aplicado, y δa la misma distancia con un campo aplicado :

$$\frac{e}{m} \propto \frac{\Delta\nu}{B} \propto \frac{\Delta\lambda}{B} \propto \frac{\delta a}{\Delta a \cdot B} \quad (1)$$

Con el dispositivo experimental a nuestra disposición, pudimos medir las distancias δa y Δa , con un método explicado en clase y que permite reducir el error sobre las medidas (aunque todavía no sea una medida muy precisa porque hay que medir la distancia 'a mano').

En el caso de la observación transversal, vimos las líneas más o menos homogéneas con un campo magnético máximo. En este caso, medimos el cociente entre estas distancias con un valor de 0,3125 (valor cerca del valor esperado de 0,333). Usando este valor del cociente en las ecuaciones de los apuntes, obtenemos que :

$$\begin{cases} \Delta\lambda = 1,51 \cdot 10^{-11}\text{m} \\ \Delta\nu = -1,09 \cdot 10^{10}\text{Hz} \\ B = 0,75T \\ \frac{e}{m} = 1,83 \cdot 10^{11}\text{C/kg} \end{cases}$$

En el caso de la observación longitudinal, solo vemos un doblete de líneas (la línea π casi no aparece en este caso). Si volvemos a repetir el mismo proceso, pero con un campo más pequeño (para que las líneas parezcan homogéneas), los resultados que obtenemos son los siguientes. Primero, medimos el cociente entre las distancias con un valor de 0,195 (más o menos lejano del valor esperado de 0,25 pero en este caso, se veía peor las líneas así que la medida tiene un error grande).

$$\begin{cases} \Delta\lambda = 9,47 \cdot 10^{-12}\text{m} \\ \Delta\nu = -8,86 \cdot 10^9\text{Hz} \\ I = 8,42A \end{cases}$$

En este caso, no tenemos directamente el valor de B. Hay que hacer una interpolación lineal (o cuadrática) para encontrar que valor de campo magnético que corresponde a este valor de intensidad, siendo I_a , I_b los dos valores de intensidad alrededor de I por las cuales conocemos el valor de B :

$$B = \left(\frac{B_b - B_a}{I_b - I_a} \right) \cdot 8,42 + \left(B_a - \frac{B_b - B_a}{I_b - I_a} \cdot I_a \right) = 0,606T \quad (2)$$

Con este valor de campo magnético encontramos que :

$$\frac{e}{m} = 1,44 \cdot 10^{11}\text{C/kg} \quad (3)$$

Y el valor esperado para este cociente vale :

$$\frac{e}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{9,11 \cdot 10^{-31}} = 1,75 \cdot 10^{11}\text{C/kg} \quad (4)$$

Para verificar nuestros resultados, habría que hacer un cálculo de error completo pero en este caso es muy difícil, muchos parámetros aparecen, el principal siendo la dificultad de medir precisamente el valor del cociente entre las distancias δa y Δa pero los valores que obtenemos parecen bastante bien.

3.4. Visualización de la polarización de las líneas

En observación transversal, pudimos estudiar la polarización de las líneas del triplete de Lorentz con el analizador. Pudimos verificar que la línea del π está linealmente polarizada en la misma dirección que el campo magnético y que las σ están polarizadas linealmente en la dirección perpendicular al campo magnético, girando este analizador y mirando por el interferómetro.

En observación longitudinal, se estudió solamente las líneas σ porque la línea π ya no se puede casi ver. Comprobamos que la intensidad del doblete varía poco al girar la dirección del polarizador, y usamos la lámina cuarto de onda para cambiar una polarización circular a una polarización lineal. Esto nos permitió ver que las líneas σ^{\pm} tienen cada una una polarización circular distinta : a derecha, o a izquierda.