



## TAREAS

- Comprobación del efecto Faraday en vidrio flint.
- Medición del ángulo de giro del plano de polarización en el campo magnético.
- Determinación de la constante de Verdet para luz roja y luz verde.
- Determinación del coeficiente de Cauchy  $b$  del índice de refracción.

## OBJETIVO

Comprobación del efecto Faraday y determinación de la constante de Verdet para el vidrio flint

## RESUMEN

Las sustancias isotrópicas, transparentes y no magnéticas en un campo magnético se hacen ópticamente activas. Estas giran el plano de polarización de la luz linealmente polarizada que se propaga en la sustancia en dirección del campo magnético, porque el tiempo de recorrido de la componente polarizada circularmente hacia la izquierda es diferente al de la componente polarizada circularmente hacia la derecha. Este efecto se llama Efecto Faraday. En el experimento se mide el efecto Faraday en vidrio flint. Este vidrio se caracteriza por una dispersión óptica muy alta y uniforme. La dependencia de la frecuencia del índice de refracción  $n$  se puede expresar con gran aproximación por medio de la llamada fórmula de Cauchy.

## EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Banco óptico de precisión D, 1000 mm	1002628
4	Jinetillo óptico D, 90/50	1002635
1	Pie óptico D	1009733
1	Diodo láser, rojo	1003201
1	Módulo de láser, verde	1003202
2	Filtro de polarización sobre mango	1008668
1	Pantalla de proyección	1000608
1	Núcleo de transformador D	1000976
2	Par de zapatas polares	1000978
2	Bobina D, 900 espiras	1012859
1	Paralelepípedo de vidrio flint para el efecto Faraday	1012860
1	Juego de accesorios para el efecto Faraday	1012861
1	Teslámetro E	1008537
1	Sonda de campo magnético, axial/tangencial	1001040
1	Base con orificio central 1000 g	1002834
1	Pinza universal	1002833
1	Juego de 15 cables de experimentación, 75 cm, 1 mm <sup>2</sup>	1002840
1	Fuente de alimentación de CC 1 – 32 V, 0 – 20 A (230 V, 50/60 Hz)	1012857
1	Fuente de alimentación de CC 1 – 32 V, 0 – 20 A (115 V, 50/60 Hz)	1012858

2

## FUNDAMENTOS GENERALES

Las sustancias isotrópicas, transparentes y no magnéticas en un campo magnético se hacen ópticamente activas. Estas giran el plano de polarización de la luz linealmente polarizada que se propaga en la sustancia en la dirección del campo magnético, porque el tiempo de recorrido de la componente polarizada circularmente hacia la izquierda es diferente al de la componente polarizada circularmente hacia la derecha. Este efecto se llama "Efecto Faraday".

Las diferencias en los tiempos de recorrido se pueden calcular, en un modelo sencillo, considerando la variación de la frecuencia que experimenta la luz polarizada circularmente en el campo magnético. En caso de luz polarizada hacia la derecha, la frecuencia  $f$  aumenta en el valor de la frecuencia de Larmor

$$(1) \quad f_l = \frac{e}{4\pi \cdot m_e} \cdot B,$$

$e = 1,6021 \cdot 10^{-19}$  As: Carga elemental

$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg: Masa en reposo del electrón

la frecuencia de la luz polarizada hacia la izquierda disminuye en el mismo valor. Es decir que:

$$(2) \quad f_{\pm} = f \pm f_l$$

A las frecuencias diferentes se les asocian diferentes índices de refracción en el material. Por lo tanto, también las velocidades de onda en el material son diferentes.

Con estas suposiciones se puede calcular la rotación del plano de polarización en materiales ópticamente activos:

$$(3) \quad \varphi = 2\pi \cdot f \cdot (t_+ - t_-) = 2\pi \cdot f \cdot \frac{d}{c} \cdot (n(f_+) - n(f_-))$$

$d$ : Longitud de la muestra,

$c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ : Velocidad de la luz

Como la frecuencia de Larmor  $f_l$  es mucho menor que  $f$ , se deduce que

$$(4) \quad \begin{aligned} \varphi &= 2\pi \cdot f \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{dn}{df} \cdot 2 \cdot f_l \\ &= f \cdot \frac{dn}{df} \cdot \frac{e}{m_e \cdot c} \cdot B \cdot d \end{aligned}$$

El ángulo de giro  $\varphi$  es por lo tanto proporcional al campo magnético  $B$  y a la longitud  $d$  atravesada por la luz:

$$(5) \quad \varphi = V \cdot B \cdot d$$

La constante de proporcionalidad

$$(6) \quad V = \frac{e}{m_e \cdot c} \cdot f \cdot \frac{dn}{df}$$

se llama Constante de Verdet, depende de la dispersión de la luz en el material irradiado y de la frecuencia  $f$  de la luz aplicada.

En el experimento se mide el efecto Faraday en vidrio flint F2. Este vidrio se caracteriza por una dispersión óptica muy alta y uniforme. La dependencia de la frecuencia del índice de refracción  $n$  se puede explicar, con gran aproximación, por medio de la fórmula de Cauchy.

$$(7) \quad n(f) = a + \frac{b}{c^2} \cdot f^2$$

con  $a = 1,62$ ,  $b = 8920 \text{ nm}^2$

Estando ante ángulos de giro pequeños, para aumentar la exactitud de medida, y en el caso de campo magnético  $B$  positivo, la polarización de la luz en el experimento se fija de tal forma que el analizador en el ángulo  $0^\circ$  oscurezca el campo de visión. Después de conmutar a campo magnético negativo  $-B$  el analizador se gira en un ángulo  $2\varphi$  para volver a obtener oscuridad.

## EVALUACIÓN

De (6) y (7) se deduce

$$V = \frac{2 \cdot e \cdot b \cdot f^2}{m_e \cdot c^3} = \frac{2 \cdot e \cdot b}{m_e \cdot c \cdot \lambda^2}$$

Partiendo de la constante de Verdet se puede por lo tanto determinar el coeficiente de Cauchy  $b$  para el índice de refracción del vidrio flint utilizado, cuando es conocida la longitud de onda  $\lambda$  de la luz aplicada.

$$b = \frac{m_e \cdot c}{2 \cdot e} \cdot V \cdot \lambda^2$$

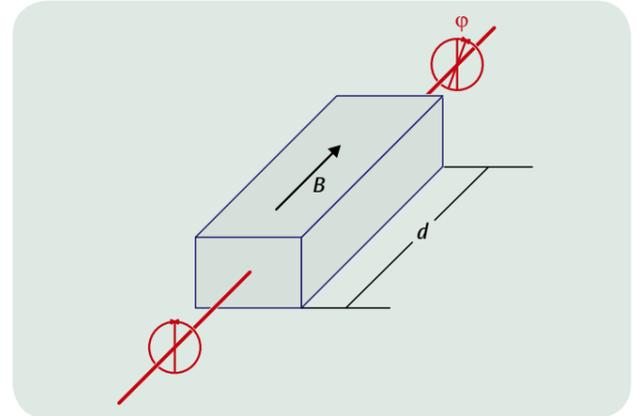


Fig. 1: Representación esquemática para explicar el efecto Faraday

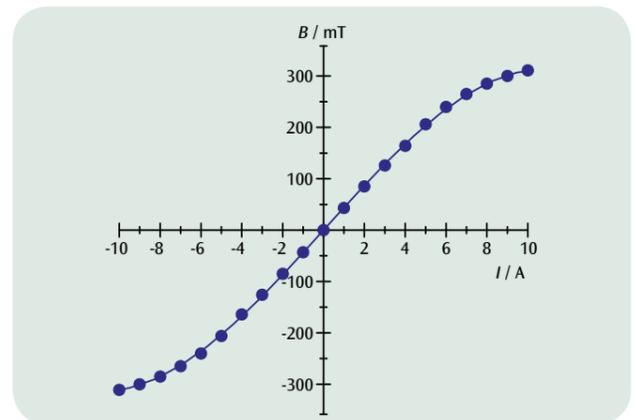


Fig. 2: Curva de calibración del electroimán

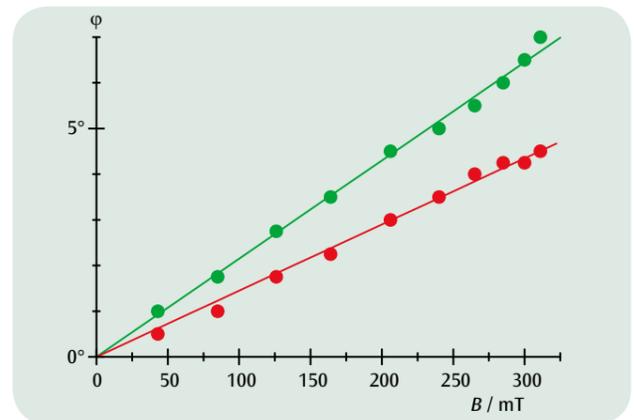


Fig. 3: Ángulo de giro como función del campo magnético para luz roja y luz verde