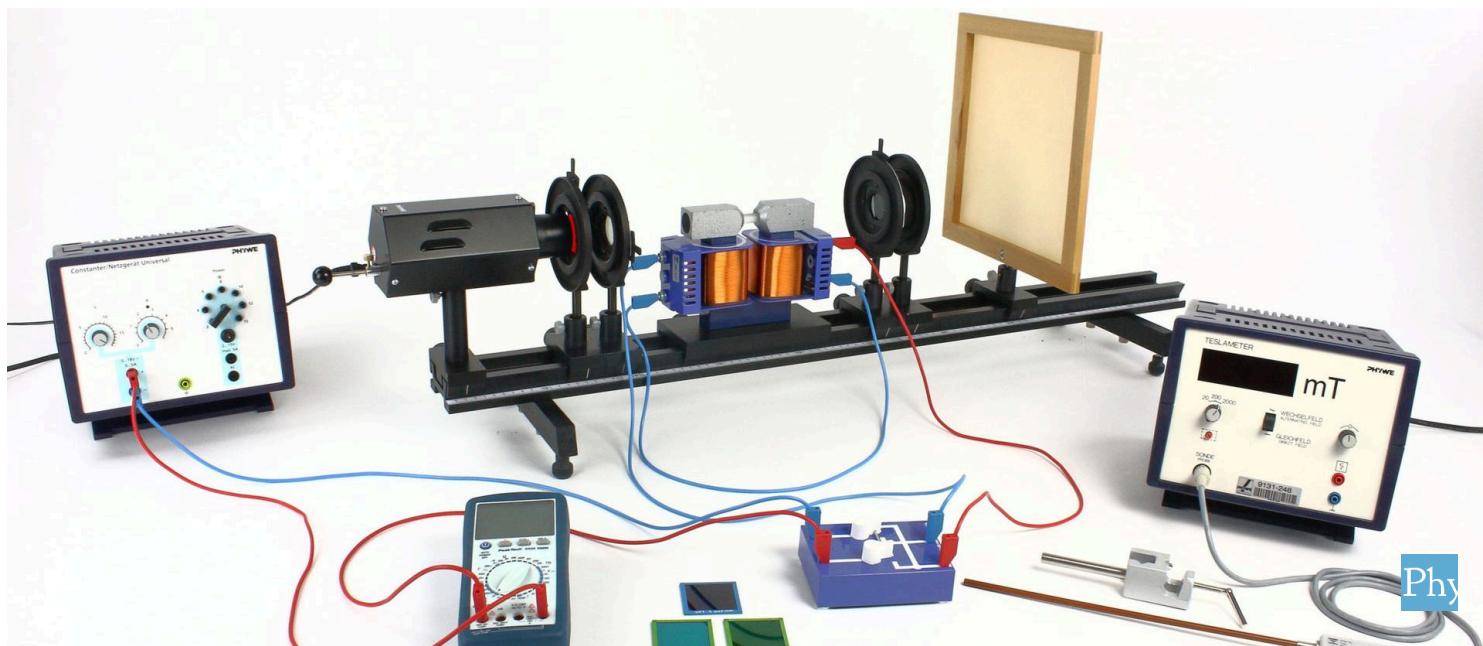


Efecto Faraday



Física

Luz y óptica

Polarización



Nivel de dificultad

-



Tamaño del grupo

-



Tiempo de preparación

-



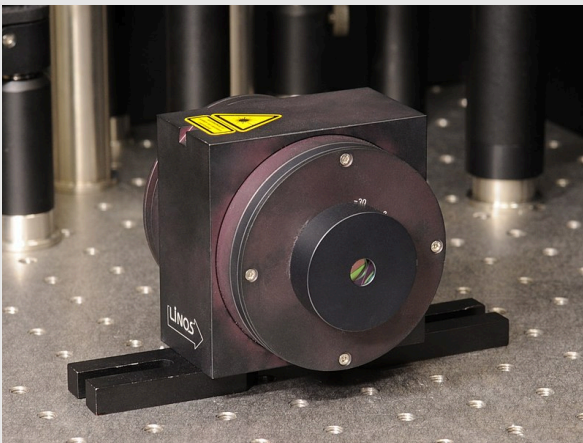
Tiempo de ejecución

-

PHYWE
excellence in science

Información para el profesor

Aplicación

PHYWE
excellence in science

Un aislante óptico

Las aplicaciones del efecto Faraday pueden encontrarse en:

- instrumentos de medición: para medir la potencia óptica rotativa
- Rotadores de Faraday: para la modulación de la amplitud de la luz
- aisladores y circuladores ópticos: componentes esenciales en las telecomunicaciones ópticas

Información adicional para el profesor (1/3)

PHYWE
excellence in science

Conocimiento

Previo

En una onda luminosa, el vector del campo eléctrico y el vector magnético oscilan perpendicularmente y en fase entre sí. Por convención, la polarización de las ondas electromagnéticas se refiere a la dirección del campo eléctrico. Los campos oscilan en una sola dirección en la polarización lineal y giran a un ritmo constante en un plano durante la propagación de la onda en la polarización circular o elíptica.



Principio

Se ha comprobado que el ángulo de rotación del plano de polarización de la luz plana polarizada a través de una varilla de vidrio de sílex es una función lineal del producto de la densidad de flujo media y la longitud del medio óptico. El factor de proporcionalidad, denominado constante de Verdet, se investiga en función de la longitud de onda y del medio óptico.

Información adicional para el profesor (2/3)

PHYWE
excellence in science

Objetivo

Comprender los principios del efecto Faraday.



Tareas

1. Determinar la densidad de flujo magnético entre los polos utilizando la sonda Hall axial del teslametro para diferentes corrientes de bobina. La densidad de flujo media se calcula mediante integración numérica y se establece la relación entre la densidad de flujo máxima y la densidad de flujo media.

Información adicional para el profesor (3/3)

PHYWE
excellence in science

Tareas

2. Medir la densidad de flujo máxima en función de la corriente de la bobina y establecer la relación entre la densidad de flujo media y la corriente de la bobina previendo que la relación encontrada en el punto 1 permanezca constante.
3. Determinar el ángulo de rotación en función de la densidad de flujo media utilizando diferentes filtros de color. 4. Calcular la correspondiente constante de Verdet en cada caso.
4. Evaluar la constante de Verdet en función de la longitud de onda.

Instrucciones de seguridad

PHYWE
excellence in science

Para este experimento se aplican las instrucciones generales para la experimentación segura en las clases de ciencias.

Para las frases H y P, consulte la ficha de datos de seguridad del producto químico correspondiente.

Asegurarse de que la fuente de alimentación está en cero y apagada antes de desconectar el imán para invertir los cables de corriente. La inobservancia de esta precaución puede provocar lesiones personales o daños en el equipo.

Principio (1/3)

PHYWE
excellence in science

Cuando un medio transparente es permeado por un campo magnético externo, el plano de polarización de un haz de luz polarizado por el plano que atraviesa el medio gira si la dirección de la luz incidente es paralela a las líneas de fuerza del campo magnético. Esto se denomina "efecto Faraday".

Para demostrar experimentalmente el efecto Faraday, se hace pasar luz polarizada por el plano a través de un cilindro de vidrio SF₆, apoyado entre los polos perforados de un electroimán. Un analizador dispuesto más allá del cilindro de vidrio tiene su plano de polarización cruzado en relación con el del polarizador, de modo que el campo de visión de la cara del cilindro de vidrio proyectado en la pantalla translúcida aparece oscuro.

Cuando la corriente fluye a través de las bobinas del electroimán, se produce un campo magnético que impregna el cilindro de vidrio en la dirección de la irradiación. La rotación que se produce ahora en el plano de oscilación de la luz se indica mediante el reajuste del analizador a la máxima extinción de la imagen de la pantalla translúcida.

Principio (1/3)

PHYWE
excellence in science

Cuando un medio transparente es permeado por un campo magnético externo, el plano de polarización de un haz de luz polarizado por el plano que atraviesa el medio gira si la dirección de la luz incidente es paralela a las líneas de fuerza del campo magnético. Esto se denomina "efecto Faraday".

Para demostrar experimentalmente el efecto Faraday, se hace pasar luz polarizada por el plano a través de un cilindro de vidrio SF₆, apoyado entre los polos perforados de un electroimán. Un analizador dispuesto más allá del cilindro de vidrio tiene su plano de polarización cruzado en relación con el del polarizador, de modo que el campo de visión de la cara del cilindro de vidrio proyectado en la pantalla translúcida aparece oscuro.

Cuando la corriente fluye a través de las bobinas del electroimán, se produce un campo magnético que impregna el cilindro de vidrio en la dirección de la irradiación. La rotación que se produce ahora en el plano de oscilación de la luz se indica mediante el reajuste del analizador a la máxima extinción de la imagen de la pantalla translúcida.

Principio (2/3)

También se puede demostrar que el ángulo de rotación es proporcional a la longitud de la probeta (Aquí: $l = 30 \text{ mm}$). Por lo tanto:

$$\Delta\phi \sim I \cdot \bar{B}$$

El factor de proporcionalidad V se llama la constante de Verdet. V es una función de la longitud de onda λ y el índice de refracción $n(\lambda)$.

$$\Delta\phi = V(\lambda) \cdot I \cdot \bar{B} \quad (1)$$

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	VARILLA VIDRIO P.EFECTO FARADAY	06496-00	1
2	Bobina, 600 espiras	06514-01	2
3	TERMINALES PERFORADOS	06495-00	1
4	Núcleo en U, laminado	06501-00	1
5	Lámpara experimental LED HEX 1	08130-99	1
6	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	1
7	CONMUTADOR EN CRUZ	06006-00	1
8	PHYWE Teslametro, digital	13610-93	1
9	Sonda de Hall, axial	13610-01	1
10	LENTE ENGASTADA, F +15 CM	08022-01	1
11	PORTALENTES	08012-01	1
12	Pletina deslizante para banco óptico	08286-06	1
13	Universal Holder, rotational	08040-02	1
14	FILTRO DE COLOR 440 NM	08411-00	1
15	FILTRO DE COLOR,505 NM	08413-00	1
16	FILTRO DE COLOR 525 NM	08414-00	1
17	FILTRO DE COLOR 580 NM	08415-00	1
18	FILTRO DE COLOR,595 NM	08416-00	1
19	Polarisation filter	08610-02	2
20	PANTALLA TRANSLUCIDA 25 X 25 CM	08064-00	1
21	BANCO OPTICO expert L = 1000 mm	08282-00	1
22	BASE PARA BANCO OPTICO expert, REGULABLE	08284-00	2
23	JINETE PARA BANCO OPTICO expert, CON SOPORTE DE 30 mm	08286-01	5
24	Doble nuez	02054-00	1
25	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, ROJO	07362-01	3
26	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm,AZUL	07362-04	3
27	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 100 mm	02030-00	1
28	JINETE P.BANCO OPTICO expert, H = 80MM	08286-02	1
29	PHYWE Fuente de alimentación universal DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
30	Poste, L 50 mm, D 12 mm	08750-04	1
31	Setscrew for optics, set of 10 pieces	08750-13	1

Material

PHYWE
excellence in science

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	VARILLA VIDRIO P.EFECTO FARADAY	06496-00	1
2	Bobina, 600 espiras	06514-01	2
3	TERMINALES PERFORADOS	06495-00	1
4	Núcleo en U, laminado	06501-00	1
5	Lámpara experimental LED HEX 1	08130-99	1
6	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	1
7	CONMUTADOR EN CRUZ	06006-00	1
8	PHYWE Teslametro, digital	13610-93	1
9	Sonda de Hall, axial	13610-01	1
10	LENTE ENGASTADA, F +15 CM	08022-01	1
11	PORTALENTES	08012-01	1
12	Pletina deslizante para banco óptico	08286-06	1
13	Universal Holder, rotational	08040-02	1

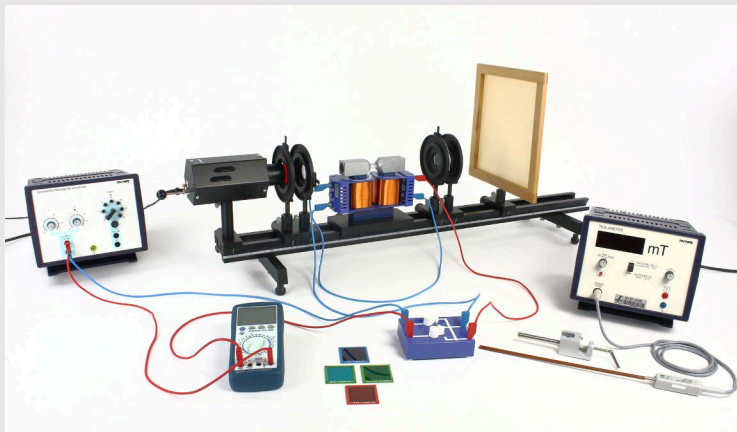
PHYWE
excellence in science



Montaje y ejecución

Montaje (1/3)

PHYWE
excellence in science



Montaje experimental

Colocar el equipo como se muestra en la figura.

La lámpara de experimentación, el portaobjetos con el cristal coloreado, el filtro polarizador, la configuración del electroimán en el soporte de diapositivas de la meseta, el analizador, el portaobjetos con la lente de longitud focal de 150 mm y la pantalla translúcida.

Montaje (2/3)

PHYWE
excellence in science

Material	Position (cm)
Lamp LED	2
Coloured glass	15
Polarizing filter	19
Electromagnet	35
Polarizing filter (analyser)	52
Lens, $f = 150$ mm	56
Translucent screen	72

Posiciones en el banco óptico.

Consultar el manual de instrucciones de la lámpara experimental LED HEX 1, de la fuente de alimentación y del teslametro para conocer el manejo correcto y la explicación de los controles.

Montaje (3/3)

PHYWE
excellence in science

- Fig. 2:
- ① Condenser, $f = 6$ cm
 - ② Coloured glass
 - ③ Polariser
 - ④ Test specimen (flint glass SF6)
 - ⑤ Analyser
 - ⑥ Lens, $f = 15$ cm
 - ⑦ Translucent screen.

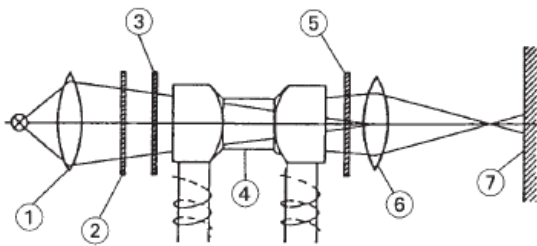
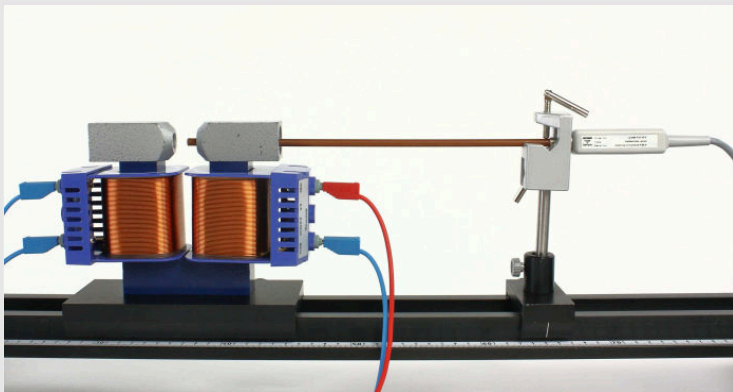


Diagrama esquemático del eje óptico del efecto Faraday con los materiales correspondientes.

El electroimán necesario para el experimento, se construye a partir de un núcleo de hierro laminado en forma de U, dos bobinas de 600 vueltas y las piezas polares perforadas, disponiendo el electroimán de forma estable sobre la mesa en barra.

Ejecución (1/6)

PHYWE
excellence in science



Determinación de la configuración de la densidad de flujo magnético.

1) Determinación de la densidad de flujo magnético

En ausencia de la varilla de vidrio, la distribución de la densidad de flujo magnético se determina en el hueco entre las piezas polares. El montaje se muestra en la figura. Para llevar a cabo este paso, sólo se necesita el teslametro, la sonda axial, la abrazadera de ángulo recto con la varilla de soporte (100 mm) en el soporte de deslizamiento y el electroimán completamente conectado en el soporte de deslizamiento de la meseta. En primer lugar, conectar la varilla de soporte a la abrazadera de ángulo recto y colocarla en el soporte deslizante.

Ejecución (2/6)

PHYWE
excellence in science

A continuación, colocar la sonda axial en la abrazadera y apretar el tornillo lo suficiente para fijar la sonda en su sitio. No conviene apretar demasiado el tornillo. Tener la montura deslizante ligeramente suelta para permitir un movimiento gradual a lo largo del banco óptico. Centrar el electroimán en la montura deslizante de la meseta de modo que los agujeros de la pieza polar estén directamente alineados con la sonda.

Con la sonda axial conectada al teslametro, se mide la densidad de flujo a lo largo de las piezas polares. Desde el punto central del hueco, se miden unos 1,75 cm tanto a la izquierda como a la derecha (que se extienden dentro de las piezas polares). La distancia completa de 3,5 cm debe medirse en pasos de 5 mm. El procedimiento se repite para diferentes intensidades de corriente, de 0,5 a 4 A en incrementos de 0,5 A.

Antes de realizar cualquier medición, es necesario poner a cero el teslametro. Una vez que la sonda axial esté colocada en el centro del hueco, utilizar el "tornillo de ajuste" y el "botón de ajuste" del teslametro (descritos en las instrucciones de uso del teslametro) para poner a cero la medición antes de subir la intensidad de la corriente.

Ejecución (3/6)

PHYWE
excellence in science

Al poner a cero el interruptor de paso a paso, colocarlo en el rango de medición más bajo. A medida que la intensidad de la corriente aumenta hasta 4 A durante el experimento, cambiar el rango de medición a los ajustes más altos cuando sea apropiado.

Trazar la distribución de la densidad de flujo para cada intensidad de corriente a lo largo de la longitud de la brecha, y compararla con la Fig.1. Encontrar la densidad de flujo media para cada intensidad de corriente. Determinar la relación entre la densidad de flujo máxima y la densidad de flujo media en cada caso. Además, graficar la densidad de flujo media entre los polos en función de la corriente de la bobina y compararla con las distribuciones de densidad de flujo del imán.

Ejecución (4/6)

PHYWE
excellence in science

2) Determinar el ángulo de rotación del plano de polarización y la constante de Verdet en función de la longitud de onda

Después de medir la distribución de la densidad de flujo, introducir la varilla de vidrio de 30 mm de longitud en los orificios de la pieza polar y se centra el imán entre los dos filtros de polarización. Enderecer la varilla de vidrio lo más posible. La sala debe estar oscurecida cuando se realicen las mediciones. Los planos de polarización de los dos filtros de polarización están dispuestos en paralelo.

Ahora se debe enchufar la lámpara experimental LED de 3W y reenfocar la luz mediante la varilla de ajuste situada en la parte posterior de la lámpara. A continuación, el electroimán se desplaza en la trayectoria de los rayos de imagen y se coloca de forma que los orificios de la pieza polar con la varilla de vidrio insertada estén alineados con el eje óptico. Desplazando la lente del objetivo a lo largo del banco óptico, la cara de la varilla de vidrio se proyecta nítidamente sobre la pantalla translúcida. El ajuste se completa insertando el cristal coloreado en el portaobjetos.

Ejecución (5/6)

PHYWE
excellence in science

El filtro polarizador debe tener permanentemente una posición de $\pm 90^\circ$. En este caso el analizador tendrá una posición de $0^\circ \pm \Delta\phi$ para una extinción perfecta con $\Delta\phi$ siendo una función de la corriente de la bobina, respectivamente de la densidad de flujo media.

En cuanto al juicio sobre la extinción completa, eventualmente puede ser mejor quitar la pantalla y seguir el ajuste del analizador por inspección ocular. La corriente máxima de las bobinas en uso permanente es de 2 A. Sin embargo, se puede aumentar la corriente hasta 4 A durante unos minutos sin riesgo de dañar las bobinas por sobrecalentamiento.

Si el polarizador y el analizador están cruzados, la imagen de la pantalla translúcida aparece oscura. Se aclara cuando se conecta la corriente de la bobina y se genera un campo magnético longitudinal entre las piezas polares. Ajustar del analizador a través de un ángulo determinado $\Delta\phi$ produce la máxima extinción de la luz (Posición 1).

Ejecución (6/6)

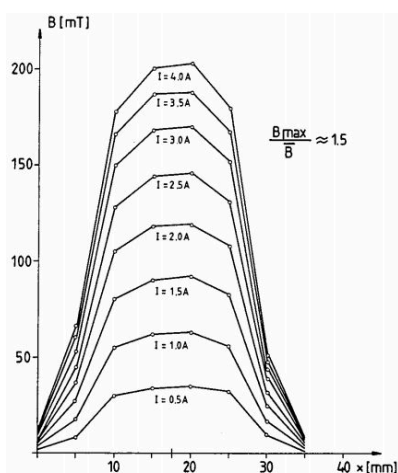
PHYWE
excellence in science

Si se invierte la dirección del campo magnético cambiando la polaridad de la corriente de la bobina, el analizador debe ajustarse en la dirección opuesta para volver a oscurecer el campo visual iluminado (posición 2). La diferencia entre la posición 2 y la posición 1 del analizador es igual a $2 \cdot \Delta\phi$.

Trazar la rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para cada cristal coloreado (longitud de onda) y comparar los gráficos. Calcular la constante de Verdet y trazar cada una en función de la longitud de onda.

Resultados (1/8)

PHYWE
excellence in science



Distribución de la densidad de flujo entre las piezas polares para diferentes corrientes de bobina.

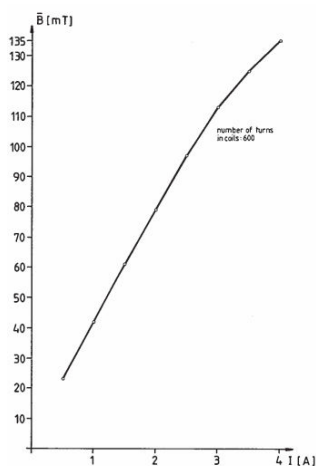
Tarea 1:

Los resultados de las distribuciones de densidad de flujo del imán se muestran en la figura. La densidad de flujo aumenta fuertemente hacia el centro del hueco y disminuye hacia ambos lados.

Cualquiera que sea la corriente de la bobina, la relación entre la densidad de flujo máxima y la densidad de flujo media (hallada por integración numérica) es en cada caso aproximadamente igual a 1,5.

Resultados (2/8)

PHYWE
excellence in science



Densidad de flujo media entre los polos en función de la corriente de la bobina.

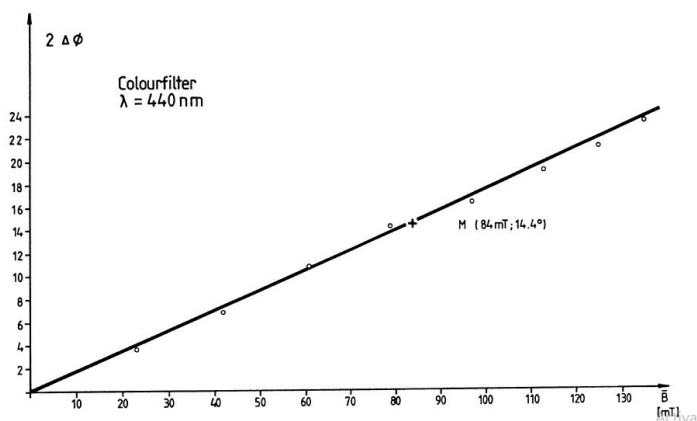
Tarea 2:

Partiendo de la densidad de flujo máxima en el hueco, ahora podemos atribuir fácilmente una densidad de flujo media a la muestra de ensayo para cualquier corriente de bobina dada. El gráfico correspondiente se ha representado en la figura.

Para todas las consideraciones posteriores, se prevé que la muestra de ensayo esté sometida a esta densidad de flujo media.

Resultados (3/8)

PHYWE
excellence in science



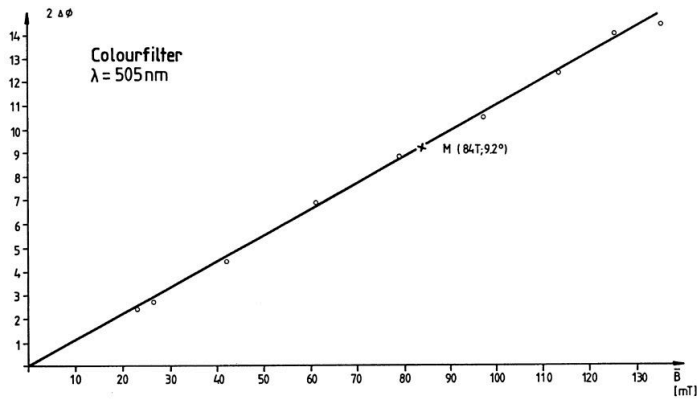
Ángulo de rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para $\lambda = 440 \text{ nm}$.

Tarea 3

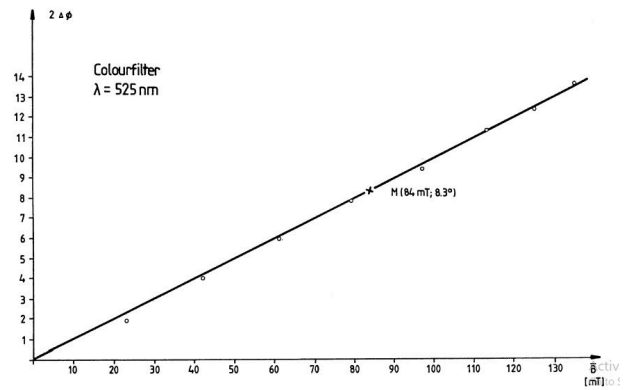
Las cifras muestran el ángulo $2 \cdot \Delta \phi$ en función de la densidad de flujo media para los cinco filtros de color diferentes. Se observa que el plano de polarización gira en torno a la dirección de propagación de la luz, que coincide con la dirección del vector de densidad de flujo magnético. El ángulo de rotación es mayor cuanto mayor es la densidad de flujo media.

Para una determinada longitud de onda encontramos una relación lineal entre el ángulo de giro $\Delta \phi$ y la densidad de flujo media \bar{B} .

Resultados (4/8)

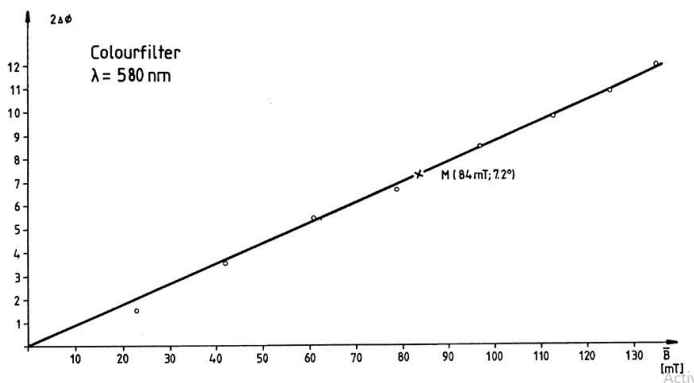
PHYWE
excellence in science

Ángulo de rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para $\lambda = 505 \text{ nm}$.

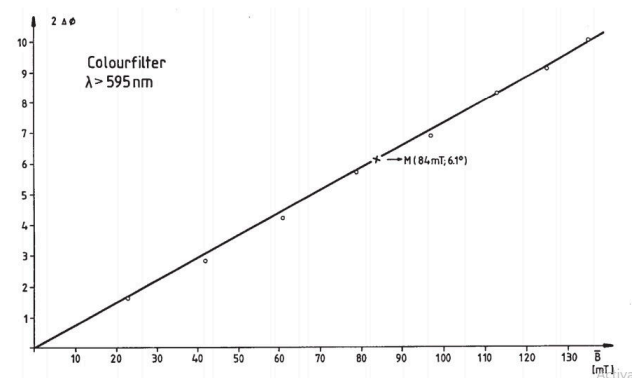


Ángulo de rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para $\lambda = 525$

Resultados (5/8)

PHYWE
excellence in science

Ángulo de rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para $\lambda = 580 \text{ nm}$.



Ángulo de rotación del plano de polarización en función de la densidad de flujo media para $\lambda = 595$

Resultados (6/8)

También se puede demostrar que el ángulo de rotación es proporcional a la longitud de la probeta (Aquí: $l = 30 \text{ mm}$). Por lo tanto:

$$\Delta\phi \sim I \cdot \bar{B}$$

A partir de las pendientes de las gráficas, encontramos los siguientes valores para $V(\lambda)$:

	$V(\lambda)$ in [$\frac{\text{degree}}{\text{T}\cdot\text{m}}$]	$V(\lambda)$ in [$\frac{\text{radian}}{\text{T}\cdot\text{m}}$]
Colour filter $\lambda = 440 \text{ nm}$	2857	49.8
Colour filter $\lambda = 505 \text{ nm}$	1825	31.8
Colour filter $\lambda = 525 \text{ nm}$	1647	28.7
Colour filter $\lambda = 580 \text{ nm}$	1647	24.9
Colour filter $\lambda = 595 \text{ nm}$	1210	21.1

$V(\lambda)$ para cada longitud de onda

Resultados (7/8)

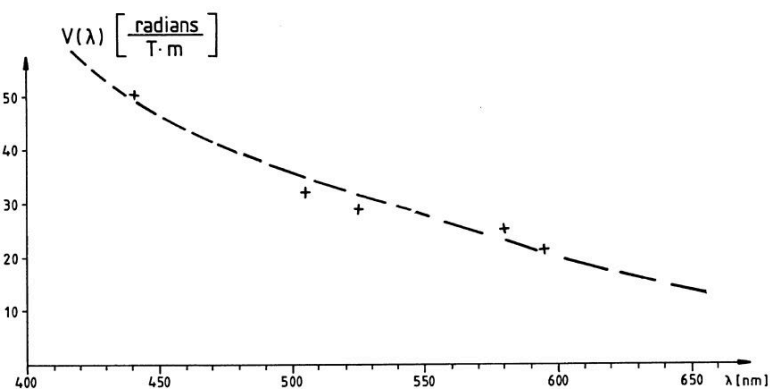
Tarea 4

En la figura se muestra una representación gráfica de la constante de Verdet en función de la longitud de onda para el vidrio SF6. Los puntos cruzados representan los valores medidos (440 nm), (505 nm), (525 nm), (580 nm) y (595 nm).

Coinciden razonablemente bien con los valores predichos por la ecuación 2.

+ valores medidos

--- valores teóricos



La constante de Verdet en función de la longitud de onda

Resultados (8/8)

Constante de Verdet de un material :

depende del ángulo de polarización.

depende de la temperatura

depende de la longitud de onda.

describe la fuerza del efecto Faraday

Verificar

La magnitud de la rotación depende de

La constante de Verdet

las propiedades de los materiales transmisores

la fuerza del campo magnético

Verificar