



### 実験の手順

- フリントガラス内でのファラデー効果の発生を実証します。
- 磁場内での偏光面の回転角を測定します。
- 赤色と緑色の光に対するベルデ定数を測定します。
- 屈折率のコーシー係数  $b$  を測定します。

### 目的

フリントガラス内でファラデー効果が発生させて、ベルデ定数を測定すること。

### まとめ

光学的に等方的で透明かつ非磁性の物質は、磁場中では光学的に活性になります。光の時計回りと反時計回りの円偏光成分が、物質中を通過する時間には差があるために、これらの物質は、磁場と同じ方向に透過する直線偏光した光の偏光面が回転します。この効果はファラデー効果として知られています。本実験ではファラデー効果を用いて、フリントガラスのベルデ定数を測定します。この種のガラスは非常に均一かつ大きな光の分散性を示します。その周波数の屈折率  $n$  への依存性は、コーシーの公式によって良い近似で与えられます。

### 必要機器

品番	品名	数量
U10300	光学台、1000mm・D型	1
U10311	光学キャリア・D型、幅5cm、軸さや高9cm	4
U10319	光学ベース・D型	1
U13800	低電圧用リード線・75cm・15本セット	1
U22001	レーザーダイオード・緑・532nm	1
U22017	偏光フィルター	2
U17130	投影スクリーン	1
U8497180	変圧器鉄心・D型	1
U8497200	穴あき磁極片・ペア	1
U8497390	変圧器コイル・D型、900巻	2
U8474060	ファラデー効果実験用フリントガラスブロック	1
U8496420	ファラデー効果実験用アクセサリ	1

※赤色レーザーをご希望の場合はお問い合わせください。

#### 別途、ご用意ください

直流電源、32 V/20 A	1
磁束密度測定用テスラメーター（±500 mT程度）	1

## 応用実験

- 仕様は予告なく変更されることがあります。
- 品番・品名をクリックすると製品仕様ページ（外部サイト）が開きます。

### 基本原理

光学的に等方的で透明かつ非磁性の物質は、磁場中では光学的に活性になります。光の時計回りと反時計回りの円偏光成分が物質中を通過する時間には差があるために、これらの物質は磁場と同じ方向に透過する直線偏光した光の偏光面を回転させます。この効果はファラデー効果として知られています。

偏光が物質中を通過する際に生じる時間差は、偏光が磁場中を通過する際に生じる周波数の変化という観点から簡単なモデルを使った説明が可能です。時計回りに偏光した光は、ラーモア周波数と呼ばれる量の分だけ周波数がわずかに増加します。

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

$e = 9.1 \times 10^{-19} \text{ As}$  : 電子の電荷  
 $m_e = 1.6021 \times 10^{-31} \text{ kg}$  : 電子の静止質量

反時計回りに偏光した光には、これと同量の周波数の減少が見られます。すなわち

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

この周波数の差は物質の屈折率の違いに起因します。これは、物質内部の波の伝播速度も同様に異なることを意味します。

このことから、光学的に活性な物質内での偏光面の回転が以下のように求まります。

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

$d$  : 試料の長さ  
 $c = 2.998 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  : 光の速度

ラーモア周波数  $f_L$  は周波数  $f$  と比べて非常に小さいので、次の式が導出できます。

$$(4) \quad \varphi = 2\pi \cdot f \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{dn}{df} \cdot 2 \cdot f_L = f \cdot \frac{dn}{df} \cdot \frac{e}{m_e \cdot c} \cdot B \cdot d$$

この回転角  $\varphi$  は、磁場  $B$  と光が通る物質  $d$  の長さにも比例します。

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

この式の比例定数である、

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

はベルデ定数と呼ばれ、光が通過する物質における光の分散とその光の周波数  $f$  に依存します。本実験では、フリントガラス (F2) 内で発生するファラデー効果の測定をします。この種のガラスは非常に均一かつ大きな光の分散性を示します。その周波数の屈折率  $n$  への依存性は、コーシーの公式によって近似性良く与えられます。

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

ここで、 $a = 1.62$ 、 $b = 8920 \text{ nm}^2$

偏光の回転角が小さい場合における測定精度を向上させるために、本実験では磁場  $B$  が正のときには、偏光解析フィルターを透過した、偏光角が  $0^\circ$  の光の強度を弱めるように実験装置が設定されています。磁場  $B$  が  $-B$  に切り替えられた時には偏光解析フィルターを角度  $2\varphi$  だけ回転させて、再度偏光角が  $0^\circ$  の光の強度を減少させます。

### 評価

式 (6) と (7) から、以下の式が導かれます。

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

この式は光の波長  $\lambda$  が既知であれば、本実験で使用したフリントガラスの屈折率に対するコーシー係数  $b$  が、ベルデ定数から得られることを意味します。

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

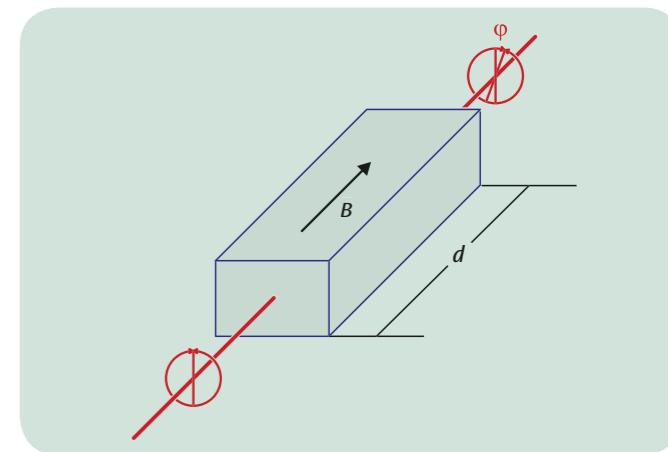


図1：ファラデー効果の模式図

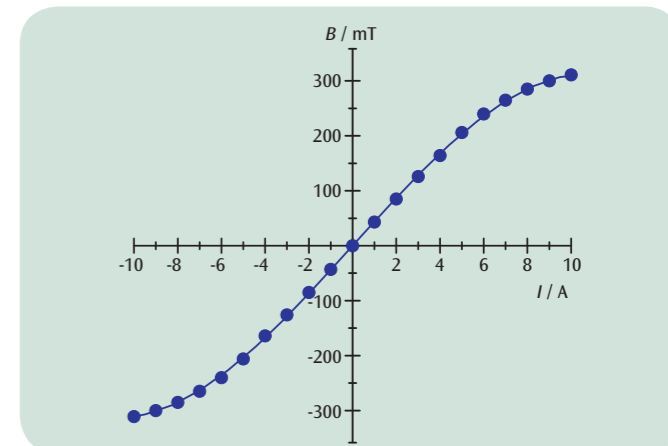


図2：電磁石の校正曲線

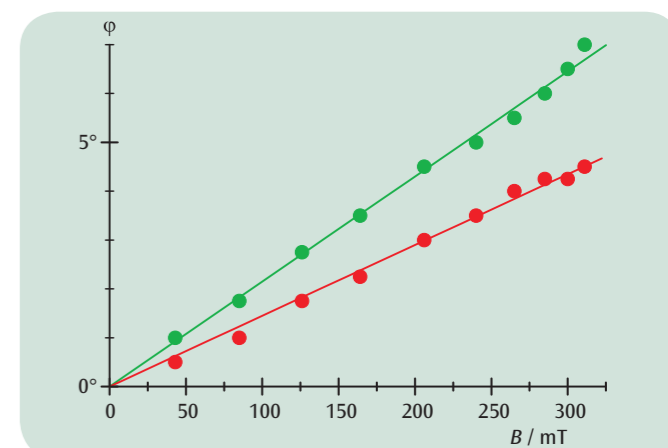


図3：赤色と緑色のレーザー光に対する、偏光の回転角と磁場との関係