

3-9. 磁場を感じる

1. 本実験テーマ全体の実施目的

家電製品や携帯電話, IT 関連機器など我々の身の周りには磁石や磁場の作用を利用した物が多く存在する. しかしながら, それらの利便性を与える大本になっている磁場の作用などについては, 教科書の上で概念的に与えられるだけの場合が多く, 実態的には磁石同士の吸引や反発, 磁石による砂鉄や鉄釘の吸引, モーターなどに使われていることが示される程度である. ここでは, 高等学校までで得た知識と本実験を通して学ぶ知識を活用して, 磁場の存在とその作用を体験する.

2. 実験における注意事項

- ・ 写真データを記録する必要性が生じるので, 実験 2 日目に USB フラッシュメモリーを持参すること
- ・ 火傷や感電を防止するため通電中の電気回路は, 原則として触れないこと.
- ・ 強力な磁場を生み出す磁石や電磁石は電子機器, 磁気カード類, 医療機器に悪影響を及ぼす可能性が高いので, これらを磁石や電磁石へ近づけないこと.

3. 1 日目の実験テーマ「強力電磁石の作製」について

3.1 目的

電磁石に使用される強磁性体の個数, 形状, 配置場所を適切に決めることで強力な電磁石を作製することができることを知る.

3.2 強磁性体について

強磁性体とは, 磁場が生じている空間に配置されると, 自らも強い磁場を空間に生み出す物質である. 強磁性体は, 永久磁石に強く吸引される.

3.2.1 強磁性体の例

- ・ 鉄, ニッケル, コバルトやこれらを用いた合金
- ・ フェライト

3.3 実験概要

図 1 に電磁石の例を示す. この電磁石は, 強磁性体の棒に巻きつけた導線の巻き数を増やしたり, 導線に流す電流の値を大きくすることによって強力なものになる. 本実験で作製する電磁石も同様の条件を設ければ強力なものになる.

しかし, 本実験では強磁性体の棒に巻きつけた導線の巻き数を一定にし, 導線に流す電流の大きさを 1.6A にするという条件を設けて強力な電磁石を作製する. どのような形状の電磁石を作製するのかは, 実験中に述べる.

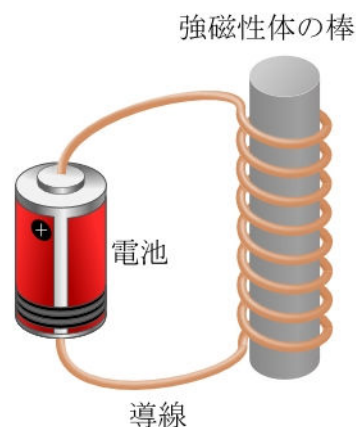


図 1 電磁石の例

4. 2日目の実験テーマ①「磁場の可視化」について

4.1 目的

磁力線は、ある関数の組を用いて表される曲線であることを知る。

4.2 曲線と磁力線の関係

4.2.1 平面曲線

図2に直角座標系 $O-xy$ と平面に描かれた曲線 C_1 を示す。まず、

$$\begin{aligned}x &= x(t) \\ y &= y(t)\end{aligned}\tag{1}$$

という t の関数をそれぞれ用意する。次に t の値を連続的に変化させながら t と対応する (x, y) を点として次々に平面に表していくと、様々な形の曲線 C_1 を描くことができる。平面上に描かれた曲線の例を以下に示す。

図3は直角座標系 $O-xy$ と平面に描かれた曲線 C_2 を表す。まず、

$$\begin{aligned}x &= \cos t \\ y &= \sin t\end{aligned}\tag{2}$$

という t の関数をそれぞれ用意する。次に t の値を $0 \leq t \leq 2\pi$ という定義域内で、連続的に変化させながら t と対応する (x, y) を点として次々に平面に表していくと円を表す曲線 C_2 が描かれる。

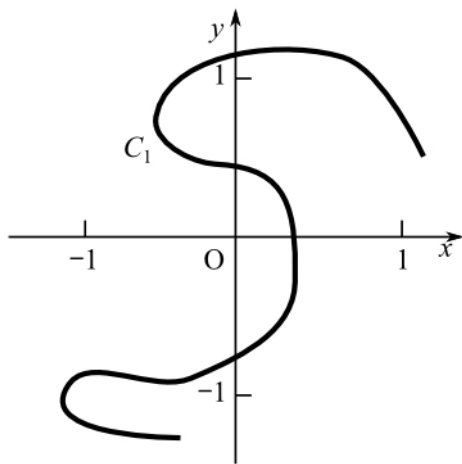


図2 直角座標系 $O-xy$ と平面に描かれた曲線 C_1

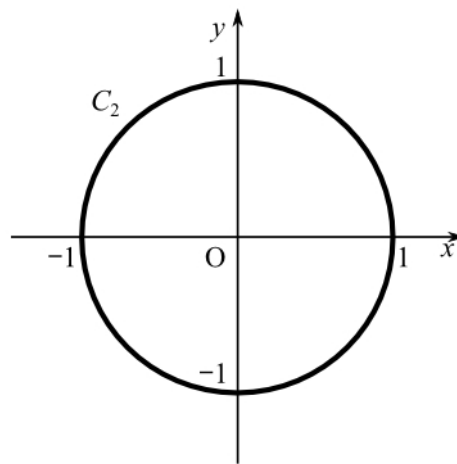


図3 直角座標系 $O-xy$ と平面に描かれた曲線 C_2

4.2.2 空間曲線

図 4 に直交座標系 $O-xyz$ と空間に描かれた曲線 C_3 を示す。まず、

$$\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \tag{3}$$

という t の関数をそれぞれ用意する。次に t の値を連続的に変化させながら t と対応する (x, y, z) を点として次々に空間に表していくと、様々な形の曲線 C_3 を描くことができる。空間に描かれた曲線の例を以下に示す。

図 5 は直交座標系 $O-xyz$ と空間に描かれた曲線 C_4 を表す。まず、

$$\begin{aligned} x &= \cos t \\ y &= \sin t \\ z &= \frac{t}{10} \end{aligned} \tag{4}$$

という t の関数をそれぞれ用意する。次に t の値を $0 \leq t \leq 4\pi$ という定義域内で、連続的に変化させながら t と対応する (x, y, z) を点として次々に空間に表していくと螺旋を表す曲線 C_4 が描かれる。

4.2.3 磁力線について

空間内の磁力線の一本一本は、式 (3) の $x(t)$ 、 $y(t)$ 、 $z(t)$ がそれぞれこの磁力線を表すのに必要な関数となっているもので表される曲線である。つまり、螺旋が式 (4) に示される 3 つの関数の組で表される曲線であるように空間内の磁力線の一本一本も、ある 3 つの関数の組で表される曲線である。

平面上の磁力線の一本一本は、式 (1) の $x(t)$ 、 $y(t)$ がそれぞれ平面上の磁力線を表すのに

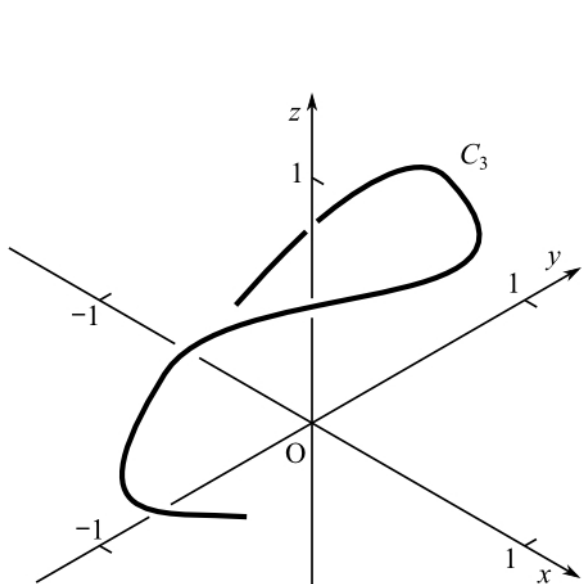


図 4 直交座標系 $O-xyz$ と空間に描かれた曲線 C_3

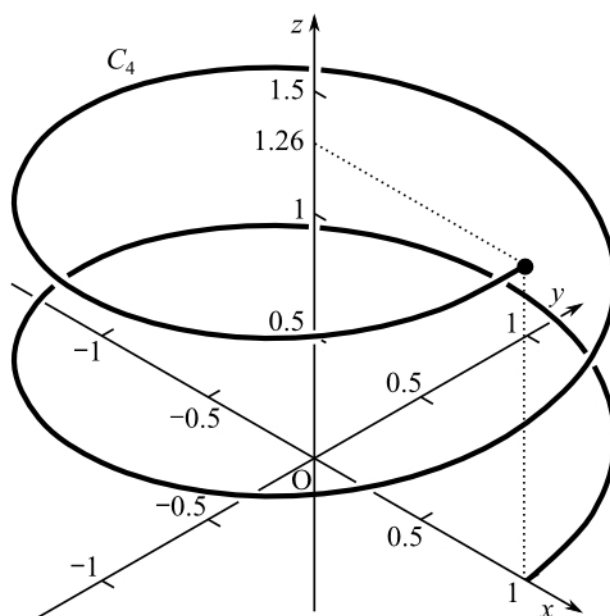


図 5 直交座標系 $O-xyz$ と空間に描かれた曲線 C_4

必要な関数となっているもので表される曲線である。つまり、円が式 (2) に示される 2 つの関数の組で表される曲線であるように平面上の磁力線の一本一本も、ある 2 つの関数の組で表される曲線である。

磁力線を表すのに必要な関数の組は、ある連立線形微分方程式を解くことによって求められる⁽¹⁾。

4.3 実験概要

図 6 に磁場の可視化の実験装置の組み立て方を示す。まず、ある 2 つの関数の組を用いて表された曲線が描かれた紙を実験指導者が用意する。その上にプラスチック製の弁当箱のふた 1 と棒磁石を重ね、さらにその上に弁当箱のふた 2 を重ねる。そして、茶漉しに入れたスチールウールを細かく分けたものを図 7 のように弁当箱のふた 2 にふりかける。最後に弁当箱のふた 2 の上に生じる磁力線と、ある 2 つの関数の組を用いて表された曲線が一致するかどうかを確認する。

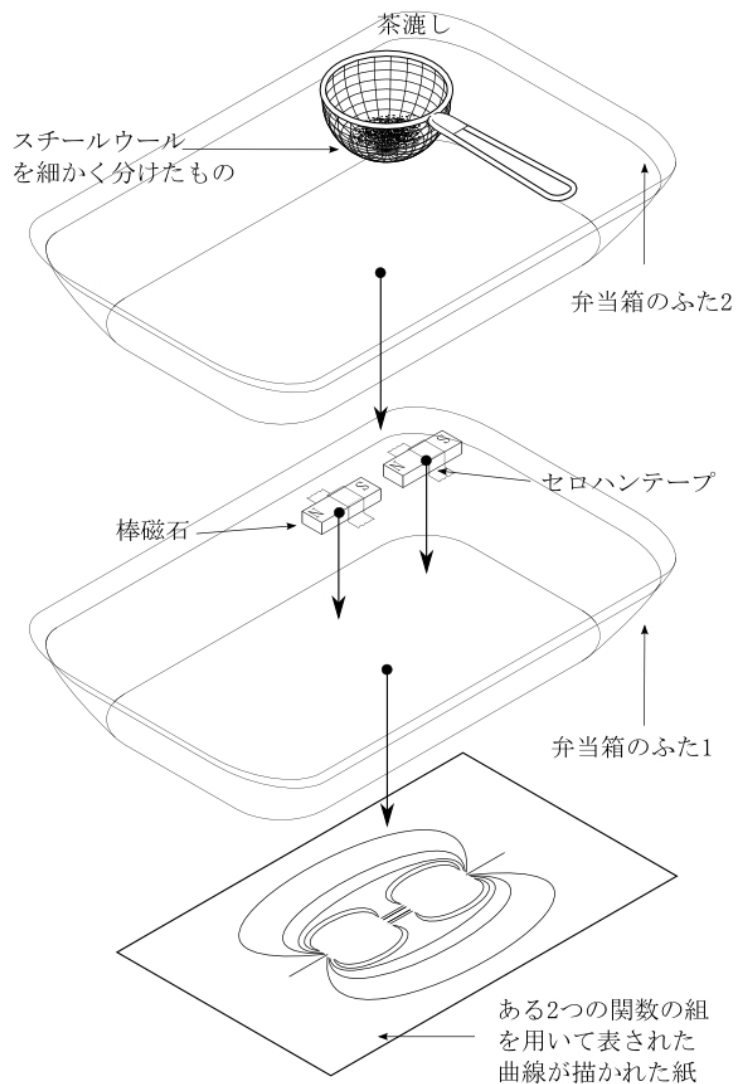


図 6 磁場の可視化の実験装置の組み立て方

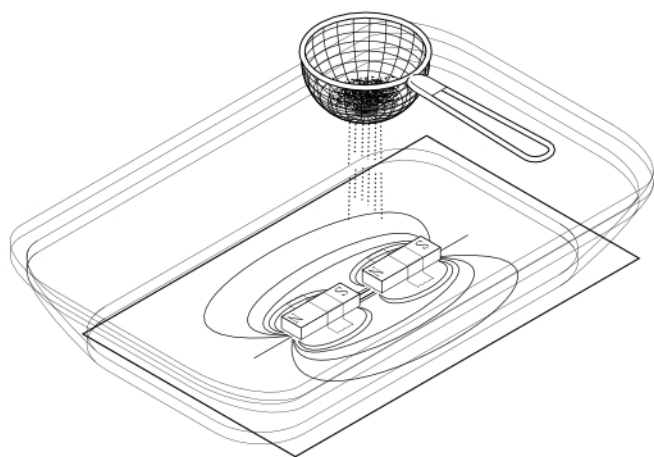


図 7 磁場の可視化の実験の様子

5. 2日目の実験テーマ②「電流が流れている導線が磁場から受ける力の観察」について

5.1 目的

電流が流れている様々な形状の導線が磁場から受ける力を観察し、フレミング左手の法則についての理解を深める。

5.2 実験概要

図8に磁場中に配置された直線の形の導線に電流が流れている様子を示す。 \vec{H} は磁場、 I は電流、 \vec{F} は導線に働く力を示す。この導線は、磁力線を表す矢印と直交しているものとする。このとき、 \vec{F} の向きはフレミング左手の法則により図8のようになるということが、高等学校までの物理や理科の教科書で説明されている。

しかし、図9や図10に示されるように折り曲げられた状態の導線が磁場からどのような力を受けるのかは、これらの教科書では詳しく説明されていないと考えられる。そこで、図9や図10の状況で導線に働く力を調査する。

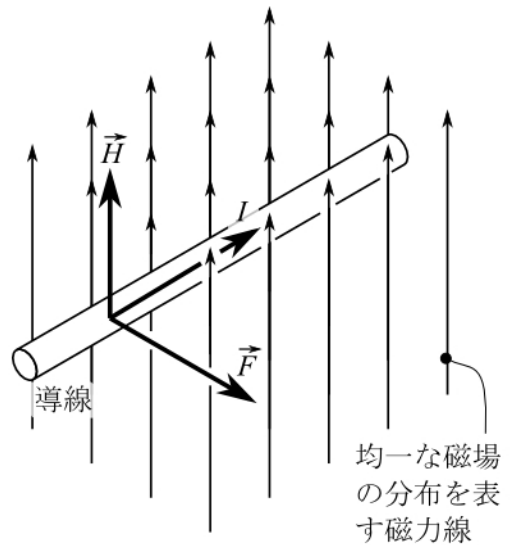


図8 磁場中に配置された直線の形の導線に電流が流れている様子

6. 3日目の実験テーマ 「スピーカーの作製」について

6.1 目的

動電形（ダイナミック形）スピーカーの仕組みを知る。

6.2 実験概要

スピーカーには、「動電形」、「電磁形」、「磁歪形」、「静電形」、「電歪形」といった様々なタイプのもので存在する⁽²⁾。その中でも比較的原理が単純な動電形のスピーカーを1日目の実験と2日目の実験を通して得られた知識を活用して作製する。

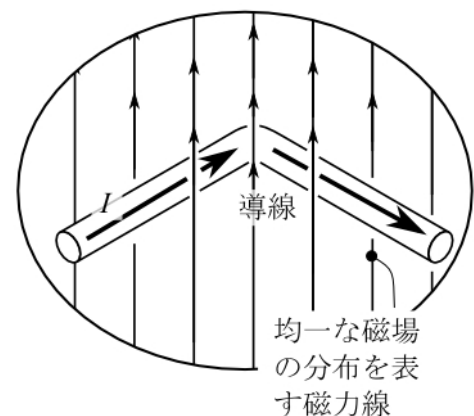


図9 磁場中に配置された直角に曲げられた導線に電流が流れている様子

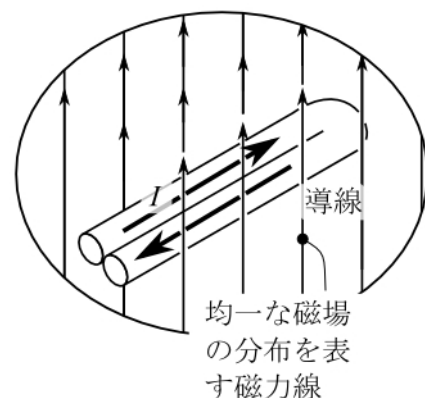


図10 磁場中に配置された180°曲げられた導線に電流が流れている様子

参考文献

- (1) 田代 嘉宏, “応用数学要論シリーズ 5 ベクトル解析要論”, 1995, pp.56-57, 森北出版株式会社.
- (2) 岡原 勝, 中島 平太郎, 朝倉 昭, “オーディオハンドブック”, 1978, pp.271-273, 株式会社 オーム社.