

第19章 電磁力の測定

Measurement of Electromagnetic Force

19.1 目的

磁界中での電流の流れているコイルの受ける力とその方向を測定し、電磁力の概念を習得する。

19.2 理論

磁界中を運動する電荷には力が働く。電流は電荷の移動なので、磁界中を流れる電流には力が働くことになる。

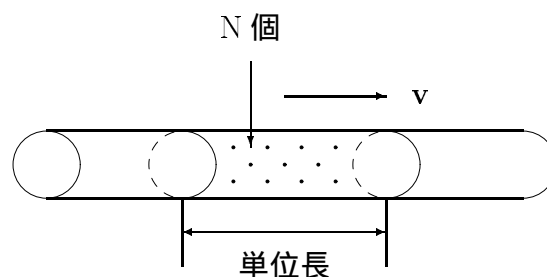


図 19.1: 電荷の移動

図 19.1 のように、電荷量 $q(\text{C})$ を持った電荷が導線の単位長あたり N 個存在し、これが速度 $v(\text{m/s})$ で動いているとすると、電流 I は

$$I = qNv \quad (\text{A}) \quad (19.1)$$

で与えられる。

方向を考えて電流 I をベクトルで表わせば

$$\mathbf{I} = qN\mathbf{v} \quad (\text{A}) \quad (19.2)$$

一方、磁束密度を $B(\text{T})$ とすると、電荷 1 個あたりに対して

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (\text{N}) \quad (19.3)$$

の力が働くから、単位長にある N 個に対する力、すなわち電流単位長あたりに働く力 F は

$$\mathbf{F} = q\mathbf{N}\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (\text{N/m}) \quad (19.4)$$

式 (19.2) により

$$\mathbf{F} = \mathbf{I} \times \mathbf{B} \quad (19.5)$$

コイルの導線の本数 n 、コイルの導線 1 回巻の長さ $\ell(\text{m})$ とすれば、このときの力 F_n は

$$\mathbf{F}_n = n\ell\mathbf{F} \quad (\text{N}) \quad (19.6)$$

大きさだけで書けば

$$F_n = n\ell B \sin \theta \quad (19.7)$$

となる (図 19.2 参照)。

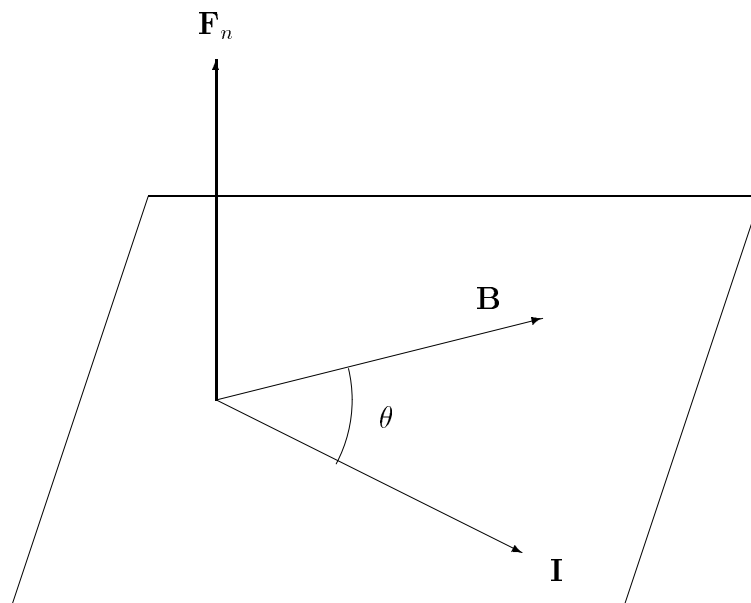


図 19.2: 磁界中の電流に働く力のベクトル図

19.3 方法

第 19.3 図のように接続し、以下のような手順で測定する。

19.3.1 力の測定

1. U 字型永久磁石 M の磁束を、磁束計によって測定する。
2. 50 巻コイルの下辺 (磁極の間に入っている部分) の中央に糸の一端を結びつけ、他端に天秤皿を結びつける。

3. 直流電源 E を調整して、電流の変化に対する重り W の値を読む。このとき、コイルの面が常に鉛直面にあるように重りを調整する。
4. 100、200 巻コイルについても同様に行なう。

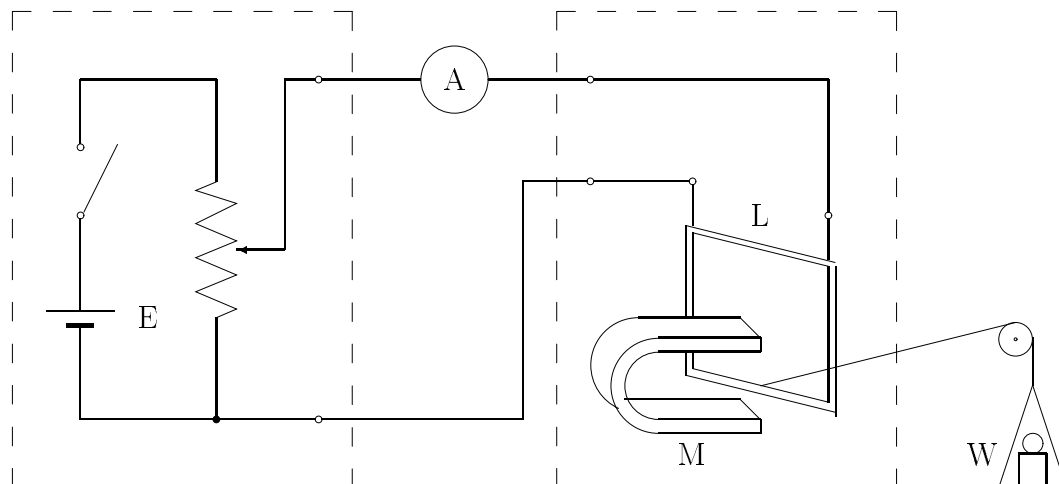


図 19.3: 電磁力を測定する結線図

A : 直流電流計
L : コイル

M : U 字型永久磁石
W : 重り

E : 直流電源

19.3.2 起電力の測定

1. 天秤皿と直流電源をはずし、コイルに検流計を接続する。
2. コイルで磁界を切るように動かし、動かす方向と検流計の振れの方角との関係を観察する。

19.3.3 磁束密度の測定

式 19.7 の磁束密度 B は、U 字型永久磁石を用いているため図 19.4 の磁束密度 B_1 から磁束密度 B_8 を測定し、その平均値を使用する。

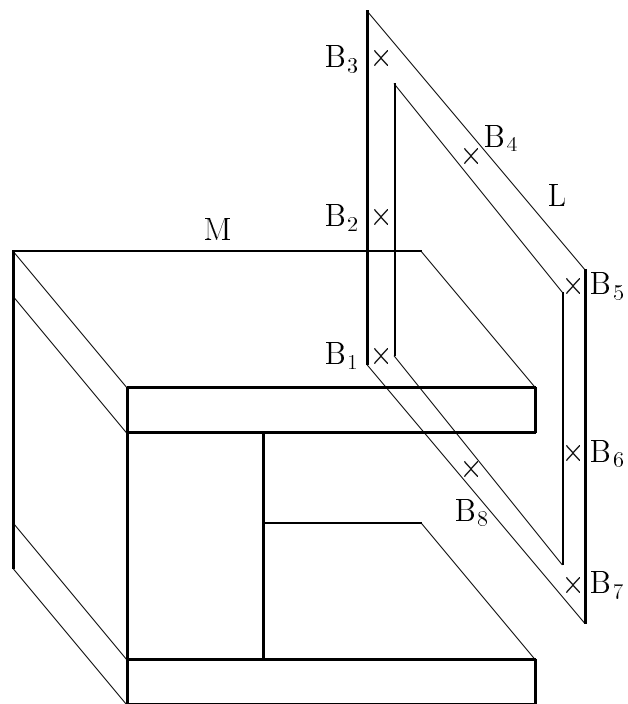


図 19.4: 磁束密度の測定

19.3.4 コイル導線の長さの測定

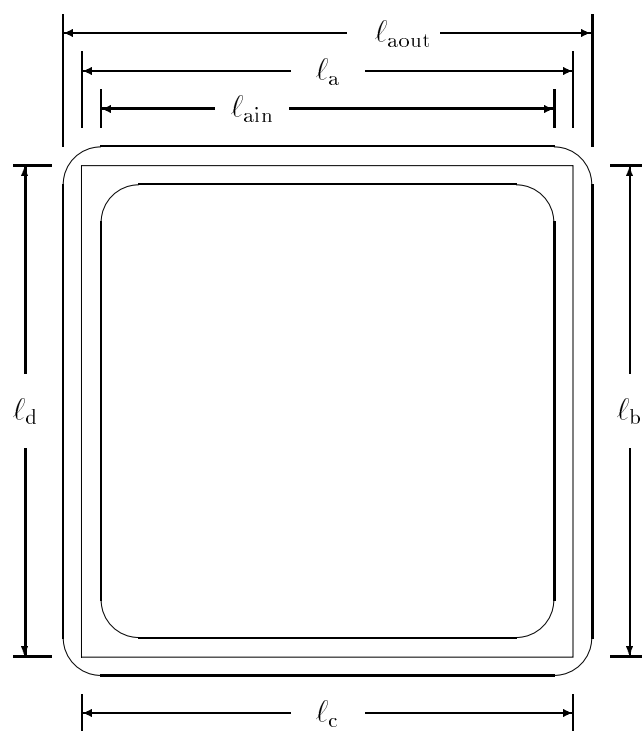


図 19.5: コイル導線の長さの測定

式 19.7 でコイルの導線 1 回巻の長さ $\ell(\text{m})$ は、測定に用いたコイルが幅を持っているので各 4 辺の外側の長さ と 内側の長さを測定し、その中間の長さを用いる (図 19.5 参照)。

19.4 結果

19.4.1 力の結果

磁石の種類：

磁束密度 $B(\text{T})$ ：

コイルの長さ $\ell(\text{m})$ ：

コイルの巻数 $n(\text{回})$ ：

電 流 $I(\text{A})$	力 F_n (N)		
	実測値	計算値	差

電流 $I(\text{A})$ を横軸にし、力 $F_n(\text{N})$ を縦軸にして、計算値:巻数 $n_1=\text{aaa}(\text{回})$ 、実測値:巻数 $n_1=\text{aaa}(\text{回})$ 、計算値:巻数 $n_2=\text{bbb}(\text{回})$ 、実測値:巻数 $n_2=\text{bbb}(\text{回})$ 、計算値:巻数 $n_3=\text{ccc}(\text{回})$ 、実測値:巻数 $n_3=\text{ccc}(\text{回})$ の力 F の変化をグラフで示す。

この時、コイルの巻き数の違い、実測した力、計算した力の関係が明確になるグラフを作成する。

19.4.2 磁束密度の結果

コイルの種類	磁束密度 $B_n(\text{T})$	磁束密度 $B(\text{T})$

19.4.3 コイル導線の長さの結果

コイルの種類	各辺の長さ $\ell_n(\text{m})$	辺の長さ $\ell(\text{m})$

19.5 注意

1. 実測値は重量 (kg) を表わすので、重力加速度 9.8m/s^2 を乗じて力 (N) に換算する。
2. $1(\text{T、テスラ})=1\times 10^{-4}(\text{gaus、ガウス})$

19.6 問題

1. 磁束は磁石の断面のみに存在しているとは考えにくいいため、導線の長さがあいまいになる。
理論式をどのように補正すれば良いか。
2. 磁界中を導線が運動するとき導線に発生する起電力の大きさと方向について調べよ。

19.7 実験装置・規格

19.7.1 直流電源の使い方

図 19.3 での直流電源 E の使い方は、16 ページ 2.7.1-B の「直流電源の使い方」を参照する。