

フレミングの左手則 (演習問題)

v2.6 Mar.2022

凡例: ◇ 教科書 ♡ 演習書 ♠ 他文献

番号: _____ 氏名: _____

- ◇ 磁束密度 0.15 T の平等磁界中に長さ 30 cm の直線導体を磁界と直角に置き、導体に 10 A の電流を流した。導体の受ける力を求めよ。また、磁場と電流のなす角度を 30° としたとき、力は何分の一になるか。^{*1}
- ◇ 間隔が 10 cm の非常に長い 2 本の平行導線がある。それぞれの導線に 10 A と 20 A の電流が同じ方向に流れているとき、導線の単位長さあたりにはたらく力を求めよ。^{*2}
- ◇ SI 単位系の基本単位の 1 つである 1 A (アンペア) は、「1 m 離れた位置に置かれた同一方向に流れる平行電流の 1 m 長さあたりにはたらく力の大きさが 2×10^{-7} N となるときの電流の大きさ」と定義している。この定義から真空の透磁率 μ_0 の値を求めよ。^{*3}
- ♡ 二つの電流 I_1, I_2 が互いに直角になるように置かれているとき、導線 2 にはどのような力がはたらくか。ただし、導線 1 の電流は非常に長い線電流であり、固定されているとする。^{*4}
- ♡ 図 1 左に示すように、一様な磁束密度 B [T] の磁界中に半径 a [m] の半円の導線と長さ l [m] の直線からなる導線に電流 I [A] が流れているとき、この導線全体にはたらく力を求めよ。^{*5}
- ♡ 図 1 右に示すように、無限長直線導線と正方形導線が同一平面上にあって、それぞれに I_1, I_2 [A] の電流が流れている。電流の向きは、 I_1 は上向き、 I_2 は時計回りである。二つの導線間に作用する力を求めよ。ただし、直線導線と正方形導線の中心との距離は d [m] で、正方形導線の 1 辺は a [m] である。また、 $a/2 < d$ とする。^{*6}

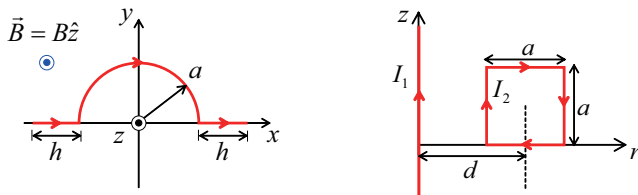


図 1 ループ電流にはたらくトルク

- 自由電子の電荷を $-e$ [C]、金属中の電子濃度を N [個/ m^3]、電子の速度を \vec{v} [m/s]、導体断面積を S [m^2] とするとき、導体を流れる電流ベクトル \vec{I} を求めよ。^{*7}
- 断面積 $S = 1 \text{ mm}^2$ の銅線に $I = 10 \text{ A}$ の電流を流した。銅の自由電子濃度を $N = 8.5 \times 10^{28}$ 個/ m^3 とすると、電子の移動速度は幾らか。断面積を $S = 0.5 \text{ mm}^2$ に狭めたとき、円形断面の半径を $r = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \text{ mm}^2$ にしたときの速度は $S = 1 \text{ mm}^2$ の場合の何倍になるか。^{*8}
- z 方向の厚みが h [m]、 x 方向の幅が d [m] からなる n 形半導体素子に $\vec{B} = B\hat{z}$ の磁場が一様に加えられている。この素子の zx 断面の両端に電極を取り付けて電流 $\vec{I} = I\hat{y}$ を流したとき、 yz 断面の両端に発生するホール電圧 V_h の大きさと方向を求めよ。^{*9}
- ホール係数 $R = -6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{C}$ 、厚み $h = 0.4 \text{ mm}$ のホール素子に $I = 1 \text{ mA}$ を流したところ、ホール電圧 $V_h = -1.2 \text{ mV}$ を観測した。素子に印加されている磁束密度 \vec{B} を求めよ。^{*10}
- ベクトル形のフレミング左手則からスカラー形のフレミング左手則を導出し、図を用いて各変数をすべて説明せよ。^{*11}
- ♠ ローレンツ力の式からフレミング左手の法則を導出せよ。^{*12}

★ 公式集

フレミング左手則

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}l, \quad \text{モータの原理 [N]} \quad (1)$$

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}, \quad \text{磁気力 (ローレンツ力)} \quad (2)$$

*1 答え : 0.45 N, 1/2

*2 答え : 4×10^{-4} N, 吸引力

*3 答え : $4\pi \times 10^{-7}$ H/m

*4 答え : 互いに平行になろうとする力がはたらく。

*5 答え : $2IB(l+a)(-\hat{y})$ [N]

*6 答え : $\frac{\mu_0 I_1 I_2 a^2}{2\pi(d^2 - a^2/4)}$ [N] の吸引力

*7 答え : $\vec{I} = -eNS\vec{v}$ [A]

*8 答え : 0.74 mm/s, 2 倍, 1/2 倍

*9 答え : $V_h = \frac{1}{Nq} \frac{BI}{t} = R \frac{BI}{t}$, $-\hat{x}$ の方向が正

*10 答え : $0.8\hat{z}$ T

*11 答え : $\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}l, \rightarrow F = IBl \sin \theta$

*12 答え : $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$, これに NSv を掛けて、 $\vec{F} = qNS\vec{v} \times \vec{B} = \vec{I} \times \vec{B}l$