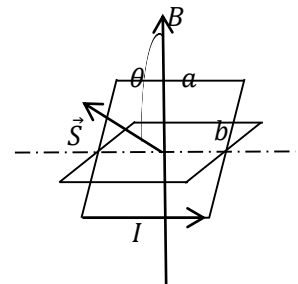


Chapt 09 磁場

Q1.  $B = 0.05 \text{ T}$  の一様な磁場と垂直に  $I = 1 \text{ A}$  の直線電流を流した. ①電流の長さ  $L = 10 \text{ cm}$  あたりにどれだけの力  $F$  が加わるか. ②力の向きと, 磁場および電流の向きの関係を表す図を描け.

Q2. 電荷  $q$ , 質量  $m$  の粒子が, 速さ  $v$  で一様な磁場  $B$  に磁場と垂直に入射し, 円運動を行う. ①円運動の半径  $r$  と角振動数  $\omega$  を  $q, B, m$  を含む式で表せ. ②磁場に垂直に入射した電子 (電荷  $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 質量  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) が  $\omega = 0.9 \times 10^{10} \text{ rad/s}$  で円運動するとき, 磁場はどれだけか.

Q3. となりあう辺の長さが  $a$  および  $b$  のコイルに電流  $I$  を流したとき, ①このコイルの磁気モーメントはどのように表せるか. ②図のように均一な磁場  $B$  に入れるときどのようなトルクを受けるか.

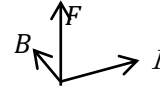


Q4. Q3 に関連して, 質量  $m = 1 \text{ kg}$  のペットボトルを, 回転中心から長さ  $\ell = 10 \text{ cm}$  のところで水平に保持する. このトルクを,  $B = 1 \times 10^{-1} \text{ T}$ , 面積  $S = 10^2 \text{ cm}^2$  で 100 回巻きのコイル (実はモーター) の最大トルクで実現するために①必要な電流はどれだけか. ②このコイルの磁気モーメントの大きさはどれだけか.

解答

Q1.  $B = 0.05 \text{ T}$  の一様な磁場と垂直に  $I = 1 \text{ A}$  の直線電流を流した. ①電流の長さ  $L = 10 \text{ cm}$  あたりにどれだけの力  $F$  が加わるか. ②力の向きと, 磁場および電流の向きの関係を表す図を描け.

A1. ①  $F = ILB = (1 \text{ A})(0.1 \text{ m})(0.05 \text{ T}) = 0.005 \text{ N}$       ②



Q2. 電荷  $q$ , 質量  $m$  の粒子が, 速さ  $v$  で一様な磁場  $B$  に磁場と垂直に入射し, 円運動を行う. ①円運動の半径  $r$  と角振動数  $\omega$  を  $q, B, m$  を含む式で表せ. ②磁場に垂直に入射した電子 (電荷  $q = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , 質量  $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ) が  $\omega = 0.9 \times 10^{10} \text{ rad/s}$  で円運動するとき, 磁場はどれだけか.

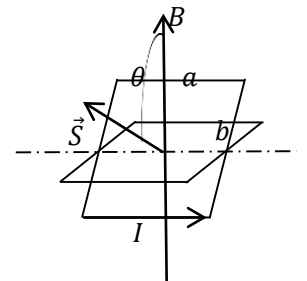
A2. ① 円運動の向心力:  $F = m \frac{v^2}{r}$ , ローレンツ力:  $F = qvB$  が向心力を作るのだから  $m \frac{v^2}{r} =$

$qvB$ , よって  $r = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$ .  $r = \frac{mv}{qB}$  に円運動の速さ:  $v = r\omega$  を代入すると  $\omega = \frac{qB}{m}$

②  $B = \omega \frac{m}{q} = 1.0 \times 10^{10} \times \frac{9.1 \times 10^{-31}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.05 \text{ T}$

Q3. となりあう辺の長さが  $a$  および  $b$  のコイルに電流  $I$  を流したとき, ①このコイルの磁気モーメントはどのように表せるか. ②図のように均一な磁場  $B$  に入れるときどのようなトルクを受けるか.

A3. ①電流の向きを右ネジとしてコイルの面を表すベクトルを  $\vec{S}$  とすると, 磁気モーメントは  $\vec{m} = I\vec{S}$ , ②トルクは  $\vec{N} = \vec{m} \times \vec{B}$  (大きさは  $abIB \sin \theta$ , 回転方向は  $\vec{S}$  が  $\vec{B}$  にそろおうとする向き).



Q4. Q3 に関連して, 質量  $m = 1 \text{ kg}$  のペットボトルを, 回転中心から長さ  $\ell = 10 \text{ cm}$  のところで水平に保持する. このトルクを,  $B = 1 \times 10^{-1} \text{ T}$ , 面積  $S = 10^2 \text{ cm}^2$  で 100 回巻きのコイル (実はモーター) の最大トルクで実現するために①必要な電流はどれだけか. ②このコイルの磁気モーメントの大きさはどれだけか.

A4. 本問では, 力の単位  $\text{N}$  と紛らわしくないように, トルクの記号を  $\tau$  (タウ) と書くことにする. トルクの記号は  $\tau$  にする流儀と  $N$  にする流儀がある. ちなみに, 単位を表す文字は立体で, (数値を代入できる) 物理量を表す文字は斜体で書いて区別する.

トルクの単位は  $\text{Nm}$  でエネルギーの単位  $\text{J}$  と同じだが,  $\text{Nm}$  のままにしておくのが普通である.

①地上でこのペットボトルに加わる重力  $F = mg \approx 9.8 \text{ N}$ . 水平に支持した棒の先にこの力を加えるか, 回転中心から力の作用点までのベクトル (長さ  $\ell$ ) と力が直交し, トルクの大き

さは

$$\tau = 9.8 \text{ N} \times 0.1 \text{ m} \approx 1 \text{ Nm}$$

面積 $S$ の $n$ 回巻きコイルに電流  $I$  が流れたときの磁気モーメントの大きさ :  $m = nIS$ .  
磁場と磁気モーメントの向きが平行のとき最大のトルク  $\tau_{\max}$  が発生する

$$\tau_{\max} = mB = nISB$$

$$I = \frac{\tau_{\max}}{nSB} = \frac{1 \text{ Nm}}{100 \times (10^{-2} \text{ m}^2)(0.1 \text{ T})} = 10 \text{ A}$$

$$\textcircled{2} \quad m = nSI = 100 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \times 10 \text{ A} = 10 \text{ A m}^2$$