電磁気学演習　第 6 回　(2005. 1. 31)

問１　　下記の設問に答えよ。

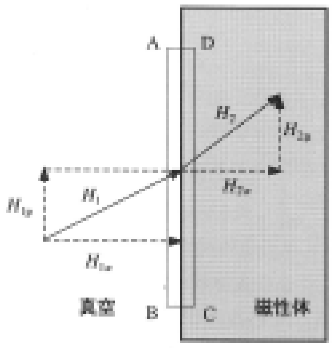


図 14.4

(1)　磁束密度 $\vec{B}$ に対するガウスの法則の積分形は次式で与えられる。

$$\int_S \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0 \qquad (1)$$

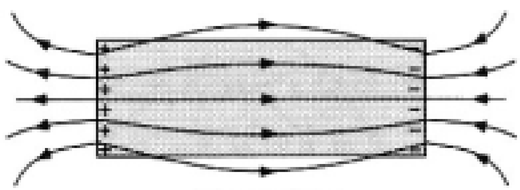
一様な磁場中に置かれた磁性体と真空の境界面を含む面積 S の閉曲面で(1)式を適用し、磁束密度の法線方向の連続性が導かれることを示せ。ただし、真空中の磁束密度を $\vec{B}_1$、磁性体内部の磁束密度を $\vec{B}_2$ とせよ。

(2)　磁場 $\vec{H}$ に対するアンペールの法則の積分形は次式で表される。

$$\oint_C \vec{H}\cdot d\vec{s} = i \qquad (2)$$

一様な磁場中に置かれた磁性体と真空の境界を含む閉曲線 ABCD に(2)式を適用し、磁場の境界面に平行な成分が連続であることが導かれることを示せ。$AB = CD = \ell$,　$BC = DA = s$ とせよ。ただし、境界面に電流は流れておらず、真空中の磁場を $\vec{H}_1$、磁性体内部の磁場を $\vec{H}_2$ とせよ。

問 2　棒磁石では両端に正負の磁荷が生じており、磁場 $\vec{H}$ は下図に示すような形状となる。解答用紙の●印の点において、磁束密度 $\vec{B}$ を描け。さらに、その結果から推測して磁性体の内外の磁束密度 $\vec{B}$ を曲線で示せ。ただし、磁気分極(磁化) $\vec{M}$ の向きは磁石の右から左へ磁石の長手方向に平行であるとする。



磁場の様子

（ヒント）
磁場の各点で $\vec{B} = \mu_0\vec{H} + \vec{M}$ が成り立つものとする。

問 3　z 軸の正の方向に一様な磁場 $\vec{B} = (0,\,0,\,B_0)$ がかけられている。時刻 t=0 に原点から x 軸の負の方向へ初速度 $\vec{v}_0 = (-v_0,\,0,\,0)$ で質量 m、電荷 q の粒子（イオン）を入射させる。重力は無視できるとして、以下の設問に答えよ。

(1) 任意の位置における速度を $\vec{v} = (v_x,\,v_y,\,v_z)$ として、粒子に作用するローレンツ力 $q\vec{v}\times\vec{B}$ の x, y, z 成分を運動方程式の右辺に代入し、①～③を埋めよ。

$$m dv_x / dt = ①, \qquad m dv_y / dt = ②, \qquad m dv_z / dt = ③$$

(2) ③の微分方程式を解き、初期条件を代入して時刻 t における位置の z 成分を求めよ。

(3) ①と②から v_x だけの微分方程式を立て、$v_x(t)$ を求めよ。（初期条件：t=0 で $v_x = -v_0$,　$\dot{v}_x = 0$）

(4) (3)で求めた $v_x(t)$ を②に代入して $v_y(t)$ を求めよ。（初期条件：t=0 で $v_y = 0$,　$\dot{v}_y = 0$）

(5) (3)と(4)の結果から、$x(t)$ と $y(t)$ を求めよ。（初期条件：t=0 で $x = 0$,　$y = 0$）

(6) 粒子の軌道を図示せよ。同じ質量で電荷が 2 倍（2 価イオン）になったときの軌道も図示せよ。