

67.

磁場

磁場の強さは+1Wbに作用する力と定義されている。

(1)  $H[N/Wb]$ の磁場に $m[Wb]$ の磁気を置いたときに作用する力が $F=mH$ で表されることを示せ。

磁場の強さは磁力線密度と定義されている。1本/ $m^2=1N/Wb$ である。また、 $\mu_0[Wb]$ の磁気より磁力線が1本出ている。このときの $\mu_0$ を真空透磁率という。

(2) 磁気量 $m$ の磁気より出る磁力線総数が $\frac{m}{\mu_0}$ であることを示せ。

(3) この磁気を中心とした半径 $r$ の球の表面を貫く磁力線の密度は一定である。これを利用すると、この球の表面の磁場の強さは、 $H=\frac{1}{4\pi\mu_0}\frac{m}{r^2}$ と表されることを示せ。

(4) (1)の磁場の強さの定義とあわせて、磁気クーロンの法則 $F=k_m\frac{Mm}{r^2}$ 、を導き、

$$k_m=\frac{1}{4\pi\mu_0}$$

(5) 透磁率とは磁力線1本あたりの磁気量を表している。

① 磁場の中にある物質をおいたとき周りの磁気に対して75%磁化されたとすると、この物質の透磁率はいくらか。

② 比透磁率が $\mu_r$ の物体の内部の磁場の強さは真空の外部に比べて $\frac{1}{\mu_r}$ になっていることを示せ。

③ 反磁性体では $\mu_r<1$ となることを示せ。

(6) 強磁性体あるいは常磁性体の場合磁性体内で発生する磁場は、外部磁場と逆向きであることを説明せよ。

解説

(1) 磁場の強さが $H[N/Wb]$ ということは、+1Wbの磁気を置くと、 $H[N]$ の力が作用する空間と言うことである。 $m[Wb]$ の磁気を置いた場合はその $m$ 倍の力が作用する。よって、 $F=mH$

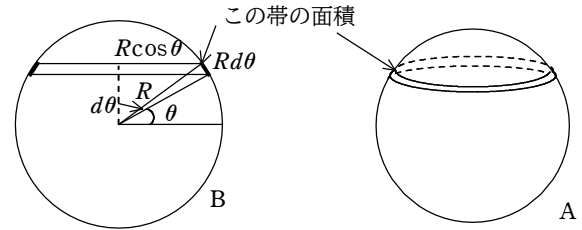
(2) 磁力線本数は磁気量に比例するから、 $1:\mu_0=N:m$ より、 $N=\frac{m}{\mu_0}$ となる。

(3) 磁場の強さは $1m^2$ の面を貫く磁力線の本数である。

よって、磁場の強さ $=\frac{\text{磁力線の本数}}{\text{断面積}}$ となる。

$$H=\frac{N}{S}=\frac{m}{\mu_0 S}$$

<球の表面積>



球の表面積を計算するため、球の表面を帯状に区切り(A)、その面積を合計することを考える。帯の幅はB図より $Rd\theta$ 、この円形の帯の半径は $R\cos\theta$ で表され、帯の周の長さは $2\pi R\cos\theta$ 。よって、帯の面積は $2\pi R\cos\theta \cdot Rd\theta$ である。この帯を $-\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の区間で合計(積分)すればよい。

$$S=\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} 2\pi R^2 \cos\theta d\theta = 4\pi R^2$$

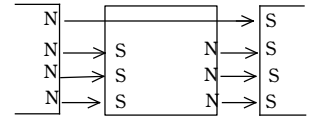
(4) 中心にある磁気が $M[Wb]$ とすると、 $H=\frac{1}{4\pi\mu_0}\frac{M}{r^2}$ となる。ここに、 $m[Wb]$ の磁気を

置くと、 $F=mH$ より、 $F=\frac{1}{4\pi\mu_0}\frac{Mm}{r^2}$ となる。ここで、 $k_m=\frac{1}{4\pi\mu_0}$ とおくと、

$$F=k_m\frac{Mm}{r^2}$$

(5) ① 75%磁化されるということは

25%の磁力線が通過するという事である。真空中では磁力線1本あたり、 $\mu_0[Wb]$ である。この場合 $4\mu_0[Wb]$ ある



と、磁性体内で磁力線1本通っていることになるため、透磁率は $4\mu_0$ である。

② 上の図では磁力線密度が磁性体内では外部の $\frac{1}{4}$ になっている。これと同様にして、

比透磁率が $\mu_r$ の場合 $\frac{1}{\mu_r}$ の磁場の強さとなる。

③ 通常磁性体ではNとSが引き合うため、N S

磁力線と逆方向に磁区がならぶ。そのために、

磁性体内の磁場は外部より弱くなり、比透磁率が1より大きい。反磁性体の場合は分子間のクーロン力関係で、同じ方向に磁区が並び、磁性体内は磁場が外部より強くなっている。比透磁率が $\mu_r$ の場合磁性体内の磁場の強さは真空の外部

に比べて $\frac{1}{\mu_r}$ 倍であるから、 $\mu_r<1$ となる。

(6) 図のように磁性体内では外部磁場の磁極と逆の磁極が発生して、磁石と鉄は引き合うのである。この場合磁性体内では逆向きの磁場になっている。電流による磁場を考えると、電流による磁場はN極、S極がはっきりしないので磁場の向きはN→Sで考えるより、このようにして考えられるようにしておくほうが迷わなくて良い。

