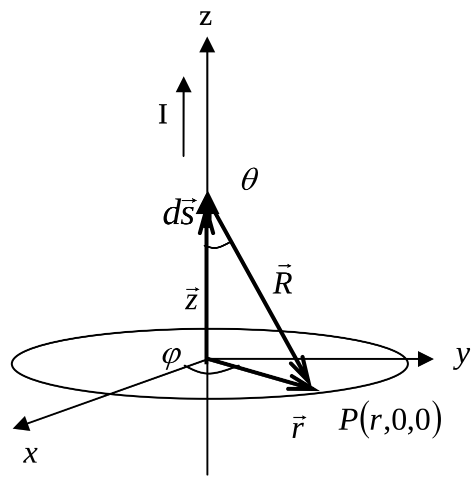
電磁気学演習　第２回　(2004.12.13)

問1　無限に長い直線状導体に直流電流 I が流れている。電流の向きに z 軸をとる。導体から r だけ離れた点 P に生じる磁場 $\vec{H}(\vec{r})$ を調べる。 以下の問に答えよ。



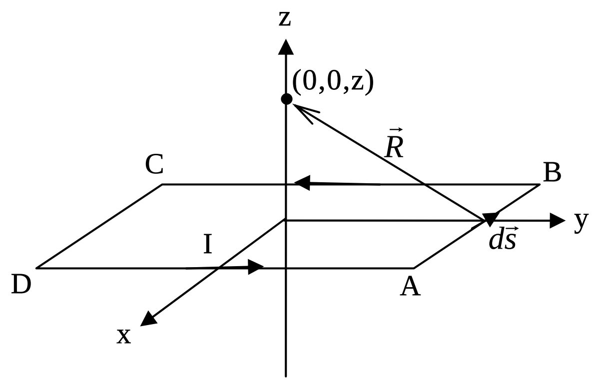
(1)　原点から z だけ離れた電流素片 $Id\vec{s}$ が点 P につくる磁場 $d\vec{H}(\vec{r})$ を図示せよ。また、導体を円柱座標 (r, φ, z) の z 軸にとったときの磁場 $d\vec{H}(\vec{r})$ の φ 成分 dH_φ を求めよ。

(2)　区間 $-a \le z \le a$ の直線電流が点 P につくる磁場 $\vec{H}(\vec{r})$ の φ 成分の大きさはいくらか。

ヒント　$\displaystyle\int \frac{dz}{\left(r^2+z^2\right)^{3/2}} = \frac{z}{r^2\left(r^2+z^2\right)^{1/2}}$

(3)　無限に長い直線状導体を流れる電流全体が点 P につくる磁場 $\vec{H}(\vec{r}) = \left(H_r, H_\varphi, H_z\right)$ はいくらか。

問2　原点を中心に 1 辺 2ℓ の小さな四角のループ電流 I が上から見て反時計方向に流れている。



(1)　z 軸上の点 $(0, 0, z)$ に、AB の中央の電流素片がつくる磁場 $d\vec{H}(0, 0, z)$ を求め、図示せよ。

(2)　$d\vec{H}$ の z 成分 dH_z を求めよ。

(3)　$d\vec{H}$ の xy 成分には必ず相殺する成分が含まれることを図を使って示せ。

(4)　1 周の積分により、$H_z(0, 0, z)$ を計算せよ。（ただし、 $z >> \ell$ とせよ。）

今度は y 軸上の磁場を計算してみよう。

(5)　辺 BC の電流が y 軸上の点 $(0, R, 0)$、ただし $R >> \ell$、につくる磁場は無視できることを示せ。辺 AD についても同様であることを示せ。

(6)　辺 AB と CD の電流が $(0, R, 0)$ につくる磁場を図示せよ。

(7)　辺 AB 上の電流素片のつくる磁場が $d\vec{H}_{AB} = \dfrac{I}{4\pi}\dfrac{ds}{(R-\ell)^2}\left(-\vec{k}\right)$ で与えられるとして、辺 CD 上の電流素片のつくる磁場 $d\vec{H}_{CD}$ を示せ。ここで、$\vec{k}$ は z 軸方向の単位ベクトルである。

(8)　$\vec{H}(0, R, 0) = \int d\vec{H}_{AB} + \int d\vec{H}_{CD}$ を計算せよ。