

## 2015年度 物理学基礎論B試験問題 (2016/01/28 鶴 剛)

問題は4問である。全ての解答用紙に、名前、学生番号、所属学部(および学科)、入学年、回生、組を書くこと。解答は答のみならず、それを導いた過程も示せ。問題は指定した演習書や過去問と若干の違いがある得る(文言、記号、問題構成など)。問題を良く読んで間違えないように。全ての問題について、誘電率と誘磁率は真空での値に一致し、それぞれ  $\epsilon_0, \mu_0$  とする。

### 問題1

$z$  方向に  $d$  だけ離れた2つの点電荷  $+q$  と  $-q$  がある。それぞれの位置を  $(0, 0, +d/2)$ ,  $(0, 0, -d/2)$  とする。観測場所  $\vec{r} = (x, y, z)$  と原点の距離に比べて  $d$  は十分小さいと仮定する。

(1) 観測場所  $\vec{r} = (x, y, z)$  での静電ポテンシャルは

$$\phi(\vec{r}) = \frac{p}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{r^3}$$

と近似できる事を示せ。ただし、 $p = qd$ 、 $r^2 \equiv x^2 + y^2 + z^2$  である。

(2) 静電ポテンシャルから電場を求める式は

$$\vec{E} = -\nabla\phi$$

である。これを用いて観測場所  $\vec{r} = (x, y, z)$  における電場  $\vec{E} = (E_x, E_y, E_z)$  を求めよ。

### 問題2

半径  $R$  の球内に密度  $\rho$  で一様に電荷が分布している。

(1) 半径  $r < R$  および、 $r > R$  での電場  $E(r)$  を求めよ。

(2) 電場を積分する事で静電ポテンシャル  $\phi(r)$  を求めよ。但し  $r \rightarrow \infty$  の時に  $\phi(r) \rightarrow 0$  とする。

(3) ポアソン方程式を直接解く事で静電ポテンシャルを求めよ。但し  $r \rightarrow \infty$  の時に  $\phi(r) \rightarrow 0$  とする。

(4) 静電エネルギーを求めよ。

問題は裏に続く。

### 問題 3

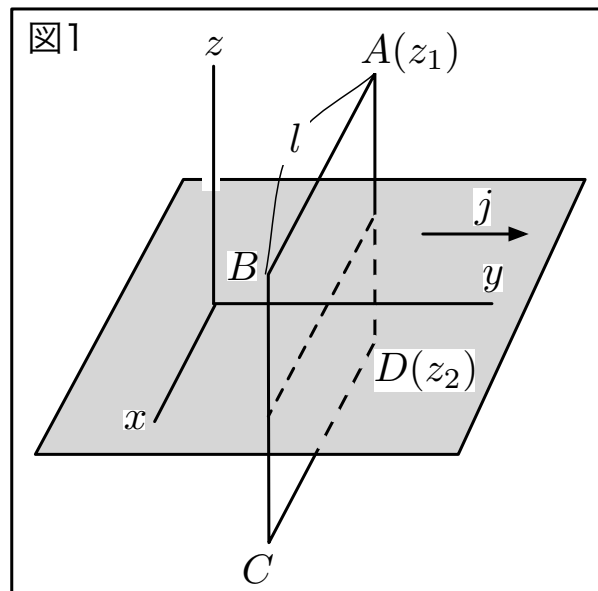
図 1 のように  $x, y$  平面上の無限に広い平面上を，一定の強さの定常電流 (単位長さ当たりの電流値は  $j(\text{A m}^{-1})$ ) が  $y$  軸方向一様に流れている．

- (1) 生じる磁場の方向と，強度の一様性 (一定か，一定ではないか) について説明せよ．
- (2) 生じる磁場の磁束密度を求めよ．

ヒント: 図 1 の経路 ABCDA に対してアンペールの法則

$$\oint_C \{ \vec{B}(\vec{r}) \cdot \vec{t}(\vec{r}) \} ds = \mu_0 \int_S \{ \vec{j}(\vec{r}) \cdot \vec{n}(\vec{r}) \} dS \quad (1)$$

を適用する．点 A と点 B の  $z$  軸座標を  $z_1$ ，点 C と点 D の  $z$  軸座標を  $z_2$  とする． $z_1 > z_2 > 0$  の時や  $z_1 > 0 > z_2$  の時にどうなるか考えるとよい．



### 問題 4

半径  $a$ ，単位長さ当たりの導線の巻き数が  $n$  のソレノイドについて下記の問いに答えよ．

- (1) 導線に一定の電流  $I$  を流した場合に生ずる磁束密度を求めよ．
- (2) 電流の強さを一定の割合  $I/t$  で時間変化させたときにソレノイドの内外に生ずる電場を求めよ．

問題はここまで．