2009 年度　慶應義塾大学試験問題　物理学 B

問題 1　原点を中心とする半径 a の球の内部、および外部（真空）には、電荷密度が

$$\rho(r)=\frac{\lambda}{r^2}\,,\quad (r\le a);\qquad \rho(r)=0\,,\quad (r>a);$$

で分布している。ここで r は球の中心からの距離であり、λは定数である。

(1)　球内の全電荷を求めなさい。

(2)　中心からの距離 r の点での電界の大きさを求めなさい。$r\le a$ の場合と $a<r$ の場合に分けて答えなさい。

(3)無限遠点を電位の基準点にとり、中心から距離 r の点での電位 $\phi(r)$ を求めなさい。$r\le a$ の場合と $a<r$ の場合に分けて答えなさい。

(4)この系の全静電エネルギーを求めなさい。

問題 2　位置 $\mathbf{r}=(x,y,z)$ での電界が

$$\mathbf{E}(\mathbf{r})=\begin{cases}(Ax+Ay,Ax+Ay,E_0) & z>0\\ (Ax+Ay,Ax+Ay,-E_0) & z<0\end{cases}$$

であるとする。ここで、A, E_0 は定数である。以下の問いに答えなさい。

(1)　$z\neq 0$ での電荷密度を求めなさい。

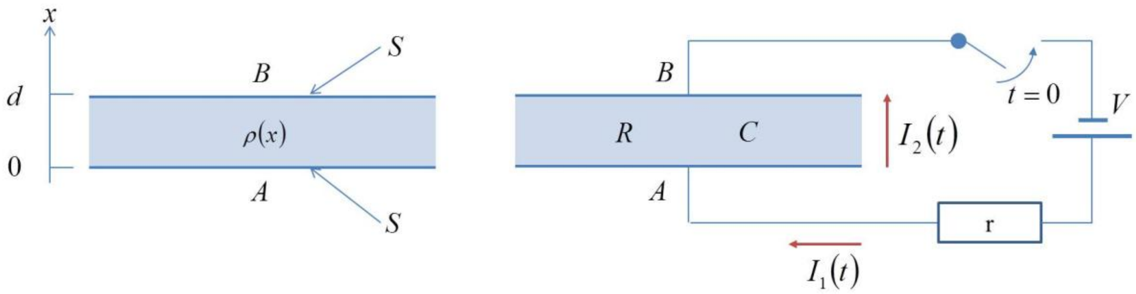
(2)　$z=0$ 面(xy 面)での電荷分布を求めなさい。

(3)静電ポテンシャル $\phi(\mathbf{r})$ を求めなさい。このとき、$\phi(\mathbf{r})=\alpha x^2+\beta xy+\gamma y^2+\mu z$ と置いて、係数α,β,γ,μを決めればよい。ただし $z>0, z<0$ に分けて答えなさい。

問題 3　左下図のように面積 S で同じ形状の金属平板 A、B が間隔 d で平行にずれることなく配置されている。極板 A から極板 B の方向に x 軸を設定し、A は x=0、B は x=d にあるとする。極板間は抵抗率が x の関数として

$$\rho(r) = \rho_0 \frac{x}{d}, \qquad (\rho_0 \text{は定数})$$

で表される物体により満たされている。端での電界の遺漏や、電流が作る磁束密度は考えないでよい。また、極板 A、B の抵抗はゼロであるとする。



(1) 一定電流 I が A から B に流れているとする。この場合に以下の量を求めなさい。(a)電流密度の大きさ i、(b)位置 x での電界の大きさ $E(x)$、(c)AB 間の電位差、(d)この抵抗体の全電気抵抗。

(2) この系は抵抗であると同時に、極板を AB とするコンデンサーであると考えることもできる。この電気容量を C とし、AB 間の抵抗を R とする。右上図のように、この系を起電力 V の電池と抵抗値 r の抵抗につなぎ、時刻 t=0 で短絡した。後の時刻 t, (t>0)での A、B にある電荷を各々Q(t), -Q(t)とし、抵抗 r に流れる電流を $I_1(t)$、系 AB を流れる電流を $I_2(t)$ とする。(a)未知の量 Q, I_1, I_2 を決定するのに必要十分な方程式を全て記しなさい。(b)さらに初期条件を記しなさい。

問題 4　位置 r にある電流素片 Ids が位置 $\mathbf{r}_p$ に作る磁束密度ベクトルは

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}_p) = \frac{\mu_0 I d\mathbf{s} \times (\mathbf{r}_p - \mathbf{r})}{4\pi |\mathbf{r}_p - \mathbf{r}|^3}$$

で与えられる(ビオ・サバールの法則)。

(1)xyz 座標系で、位置(a,0,0)にある電流素片 Ids=(0,Ids,0)が位置(0,0,z)に作る磁束密度ベクトルを求めなさい。

(2)座標原点を中心とし、xy 面上にある半径 a の円形コイルに強さ I、(I > 0)の電流が、z 軸を右ねじ方向とするように(すなわち反時計回りに)流れている。このコイルが中心軸上の位置(0,0,z)に作る磁束密度の大きさを求めなさい。方向はどの向きか。

問題 5　図のように無限に長い中空円柱(内半径 a、外半径 b)の導体に電流 I が一様に流れて

いる。磁束密度の大きさを中心軸からの距離 r の関数として求めなさい。r の大きさで分類して答えなさい。