2007 年　物理 B　定期試験過去問題

**問題 I**

真空中に置かれた半径$a$の無限に長い円柱の内部に、電荷密度$\rho(r) = \lambda r$で電荷が分布している。ここで、$r$は中心軸からの距離であり、$\lambda$は定数である。以下の問いに答えなさい。

（１）円柱の内部$(r \le a)$および外部$(r \ge a)$での電界の大きさを求めなさい。

（２）円柱の中心軸から距離$r$にある点と、中心軸との間の電位差を求めなさい。

**問題Ⅱ**

デカルト座標系の原点を中心とする半径$a$の球の内部の電位が、位置$\mathbf{r} = (x, y, z)$で

$$\phi(r) = \beta r^2 + \gamma z, \qquad (r \le a)$$

であるとする。ここで$\beta, \gamma$は定数である。以下の問いに答えなさい。

（１）球の内部の位置$\mathbf{r}$での電界ベクトルを求めなさい。

（２）球の内部の位置$\mathbf{r}$での電荷密度を求めなさい。

つぎに、球外部での電界ベクトルを書きなさい。（球表面の面電界密度はないとする。この電界ベクトルの導出過程は書かないでよい。）

**問題Ⅲ**

中心を共通に持つ半径$a$と$b(a < b)$の金属球殻を考える。次の問に答えなさい。

（１）　金属球殻の間$(a < r < b)$は真空であるとする。この球殻を両極とするコンデンサーの電気容量を求めなさい。（ヒント：内側および外側の球殻に、それぞれ$Q$および$-Q$の電荷があるとして考えよ。）

（２）　この球殻の間を一定の電気伝導率$\sigma$を持つ導体で埋めた。この導体の全抵抗を求めなさい。

**問題Ⅳ**

以下の問いに答えなさい

（１）単位長さあたりの巻き数が$n$で半径が$a$の無限に長いソレノイドを考える。このソレノイドに一定電流$I_0$を流した。ソレノイド内部の磁束密度の大きさが、$B = \mu_0 nI$となることを、アンペールの法則を用いて証明しなさい。解答には、解答欄中のソレノイドの図を用いなさい。ソレノイド外部の磁束密度は零であることを最初から仮定してよい。

（２）ビオ・サヴァールの法則によれば、電流素片$Ids$が作る磁束密度は

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I d\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{4\pi r^3}$$

である。ここで $\mathbf{r}$ は電流素片の位置から磁束密度を求める位置までの相対位置ベクトルである。デカルト座標系の原点にある電流素片 $Id\mathbf{s} = (0, 0, Ids)$ により作られる磁界を考える。図のように $xz$ 面上にある原点からの距離 $a$ の 3 点 A、B、C での磁束密度の大きさ、および方向を求めなさい。（大きさが零の場合には方向は考えなくてよい。）