2008 年　物理 B　定期試験過去問題　問題

問題 I

厚さ a の無限に広い板状の空間の中に電荷が分布している。図 1 のように板の法線方向に z 軸をとり、板の下の面を $z=0$ とする。この板状の空間の中には、電荷が分布し、その電荷密度は z の関数として

$$\rho(z)=\beta z\,,\qquad (0\le z\le a)$$

と表わされる。ここで β は正の定数である。

板の下面 $z=0$ で電界は零ベクトル $\mathbf{E}=\mathbf{0}$ であるとする。

およびでの電界ベクトルを求めなさい。

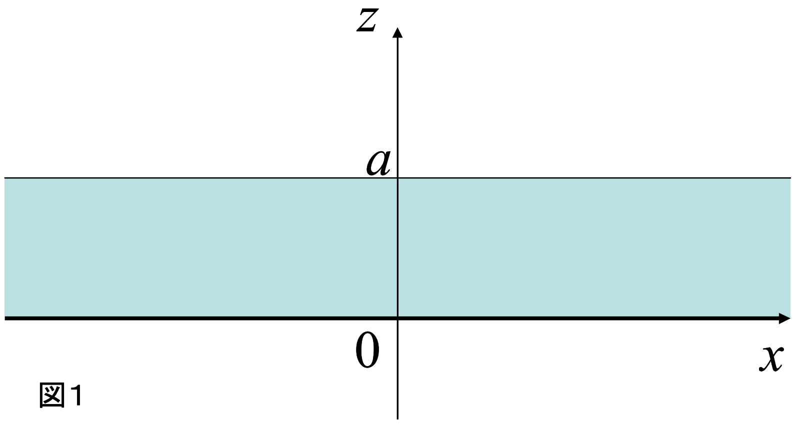

図1

問題Ⅱ

図２のように長さhで半径aの金属円筒と、同じ長さの半径$b(b>a)$の金属円筒を同軸にして設定し、コンデンサーの電極とする。hは十分a,bに比べて大きいとし、端からの電解の遺漏などは無視できるとする。以下の問では、中心軸からの距離をrとして答えなさい。

(1)内側の電極に電荷Qを、外側の電極に$-Q$を与えた。両極間の電解の大きさをrとして求めなさい。

(2)両極間の電位差を求め、電気容量Cを決定しなさい。

(3)このコンデンサーに時刻$t=0$で抵抗Rを含んだ回路を図のようにつないだ。後の時刻tで、抵抗を流れる電流 I(t)を求めなさい。ここで、必要なら(2)で導入した記号Cを用いてよい。

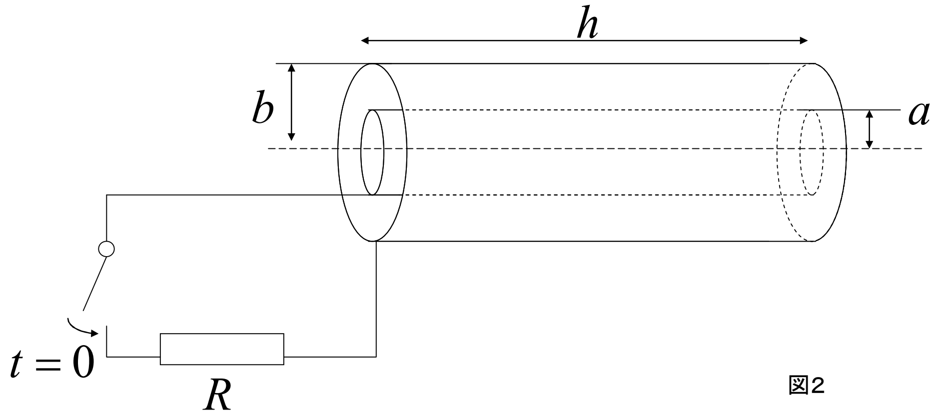

図2

問題Ⅲ

座標原点を中心とする半径aの球内での電位が、位置$\mathbf{r}=(x,y,z)$の関数として

$$\phi(\mathbf{r})=Ar^2+Bx+C$$

と表わされている。ここで、A,B,Cは定数である。この場合に以下の問に答えなさい。

(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)球内の位置$\mathbf{r}$での電荷密度を求め、球内の全電荷を求めなさい。

(3)B=0 の場合を考える。球の外$(r>a)$では電荷はないとする。電位の基準点を無限遠点にとる。このとき、球の中心での電位$\phi(\mathbf{0})=C$をAなどを用いて表しなさい。

(4)(3)の場合に、全静電エネルギーを求めなさい。

問題Ⅳ

図３のように、半径aの無限に長い円柱状の導体がある。中心軸からの距離をrとすると、この導体の電気伝導率はrの関数として

$$\sigma(r)=\lambda r\,,\qquad （λは正の定数）$$

と表わされるとする。ここで、$r\le a$である。

この無限に長い導体には、図のように長さlあたり、電位差が$V>0$となるように設定されているとする。以下の問に答えなさい。

(1)この導線を流れる電流密度の大きさを求め、さらに全電流を求めなさい。

(2)この導線の内外での磁束密度の大きさを$r\le a, a\le r$に分けて求めなさい。