H.18

問題１１　Ａ[静電界・定常電流]またはＢ[電磁誘導・電磁波]のどちらかを選択して解答すること。
なお，解答用紙の選択記号欄に，選択したＡまたはＢの記号を記入すること。

Ａ[静電界・定常電流]

以下のＩとⅡに答えなさい。以下の問題では，真空中に球殻や導体があるものとし，各物理量は国際単位系（ＳＩ）で表されている。また真空の誘電率をε_0，透磁率をμ_0とする。

Ｉ　図１に断面を示すように，導体でできた半径aの内球殻および半径bの外球殻からなるコンデンサを作った。二つの球殻の中心は一致している。以下の問いに答えよ。

(1)　図１のように外球殻を接地し内球殻の電位がV_1になるように内殻球に電荷を与えた。与えた電荷量Qおよび中心からの距離r（ただし$a<r<b$）における電界の強さEと電位Vを求めよ。

(2)　図１のように外球殻を接地した場合のコンデンサの静電容量C_1を求めよ。

(3)　図２のように内球殻を接地した場合の外球殻の静電容量C_2を求めよ。

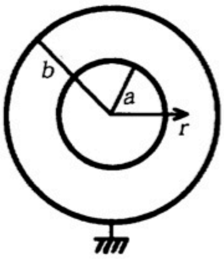

図１

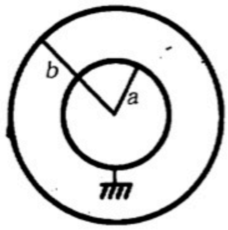

図２

Ⅱ　z軸方向に無限に長い半径aの円柱状の導体があり，z軸の正の向きに電流密度Jの電流が流れている。導体の中心軸をz軸とした３次元直交座標をおき，以下の問題に答えよ。

(1)　導体内のxy面内に生じる磁界の強さH_aを中心からの距離rに対して求めよ。また導体内の点(x, y)における磁界のx成分H_{ax}とy成分H_{ay}を示せ。

(2)　図３に示すように，この導体に半径bのz軸に沿った穴を貫通させた。穴の中心軸は，原点Oからx軸上を距離ℓだけずれ，点$(\ell, 0)$を通っている（ただし$(a-b)>\ell$）。導体部分には，電流密度Jの電流がz軸の正の向きに流れている。穴の内部には電流が流れないから，この状態は電流が$+z$向きの半径aの導体円柱と電流が$-z$向きの半径bの導体円柱が中心をℓだけずらして重なったものと考えることができる。この考えを使って穴の中の点(x, y)に生じる磁界のx成分H_xとy成分H_yを求めよ。また，空間的にどのような磁界となっているか説明を加えよ。

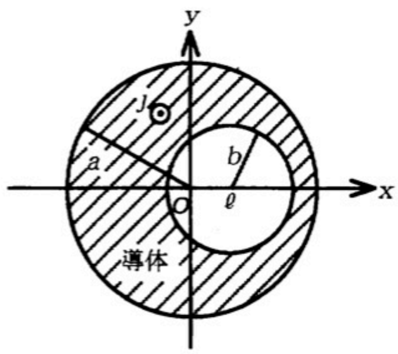

図３

B [電磁誘導・電磁波]

I　電流素片 $Id\hat{s}$ がそこから距離 r 離れた位置につくる微小な磁束密度は，ビオ・サバールの法則によれば，以下の式で与えられる．

$$d\hat{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{Id\hat{s}\times\hat{r}}{r^3}$$

ここで，μ_0 は真空の透磁率，$\hat{r}$ は電流要素から観測場所へ引いた位置ベクトルである．図 1 に示す真空中に置かれた半径 a の円形電流 I に関し，以下の問に答えよ．

(1) 電流要素 $Id\hat{s}$ が点 P につくる微小磁束密度の大きさ $|d\hat{B}|$ をビオ・サバールの法則を用いて表せ．

(2) 円形電流 I により，点 P において生じる磁束密度 $\hat{B}$ を求めよ．

(3) 円の中心軸（z 軸，$x=y=0$）に沿って速度 v で $+z$ 方向に等速運動を行っている点電荷 q を考える．この点電荷 q が磁束密度 $\hat{B}$ から受ける力を求めよ．

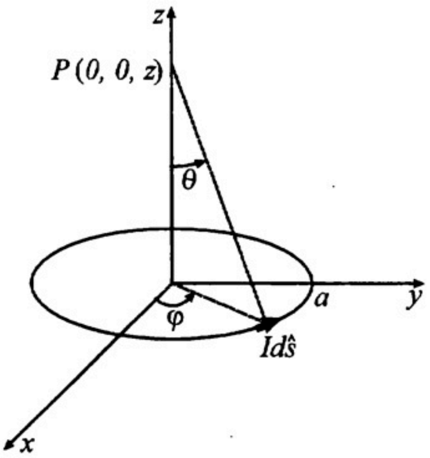

図 1

II　電界が次式のように複素表現（最大値表現）される平面波（角周波数 ω）が誘電率 ε_0，透磁率 μ_0 の自由空間中，$+x$ 方向に伝搬している．直角座標系の単位ベクトルを $\hat{\boldsymbol{x}}$，$\hat{\boldsymbol{y}}$，$\hat{\boldsymbol{z}}$ として，次の問いに答えよ．

$$\boldsymbol{E}=(\hat{y}A+\hat{z}B)\exp(-jk_0x) \qquad (A,\ B\ ：定数,\ k_0\ ：波数)$$

(1) 波数 k_0 を ω，ε_0，μ_0 で表せ．

(2) マクスウェルの方程式から，磁界 $\boldsymbol{H}$ を求めよ．

(3) $A=a\exp(j\alpha)$，$B=b\exp(j\beta)$（a,b,α,β ：実定数）のとき，電界と磁界の瞬時値表現 $\boldsymbol{e}(x,t)$，$\boldsymbol{h}(x,t)$ を求めよ．

(4) A，B が(3)のように与えられるとき，この平面波の複素ポインティングベクトル $\boldsymbol{S}$ を求めよ．