電磁理論 IB 試験問題（B 組） (2009.8.5(水)1300-1430) E1-115

[1] 真空中における電磁界基本法則とその応用に関する以下の各問に答えよ。

1) アンペアの周回積分の法則を表す式と、これを拡張したアンペア-マクスウェルの法則を表す式を書き、これらの式に表れる全ての記号の意味と積分方法および拡張により付加された項の名称を含めて、文章で説明せよ。
2) ファラデー-マクスウェルの法則を表す積分形の式を書き、文章で説明せよ。
3) 円柱座標系(r, φ, z)で表される空間の$r<a$で表される円柱状領域を一様に$+z$方向に電流I (>0)が流れ、$a<r<2a$で表される同軸円筒状領域を一様に絶対値が同じIの電流が逆方向に流れている。このとき$r<a$, $a<r<2a$, $2a<r$の各領域内の磁界を積分路と積分領域を図示して計算し求めよ。
4) 3)で求めた磁界を磁気力線で図示するとともに、磁界強度をグラフで表示せよ。

[2] 真空中における電磁界基本法則の微分表示とその応用に関する以下の各問に答えよ。

1) 電荷保存の法則の微分表示式を書いて、記号の意味を含めて説明せよ。
2) 真空中でのマクスウェルの４方程式を書き、含まれる記号の意味を説明せよ。
3) 電磁界基本法則の積分表示のうち適当なものを出発点として、領域１と領域２の境界面（２から１の方向を向く境界法線方向単位ベクトルを$\boldsymbol{n}$とする）で領域１，２の電界ベクトル$\boldsymbol{E}_1, \boldsymbol{E}_2$が満足すべき境界条件の式（接線方向成分に関する式と法線方向成分に関する式の両方）を導出せよ。
4) 直角座標系(x,y,z)で表される空間の$x=0$で表される面上に一様な面電荷密度ξ(ξ>0)の無限に広い面電荷があるときの電界を求めよ。
5) マクスウェルの方程式から波動方程式を導出せよ。必要ならば任意のベクトル界$\boldsymbol{A}$に関する公式$\nabla\times(\nabla\times\boldsymbol{A})=\nabla(\nabla\cdot\boldsymbol{A})-\nabla^2\boldsymbol{A}$を用いよ。
6) 波動方程式に簡単な波動の式を代入して電磁波の伝搬速度cを与える式を求めよ。

[3] 物質中における電磁界に関する以下の各問に答えよ。

1) 誘電率がε、透磁率がμ、導電率がσの線形等方で非分散性の物質中のマクスウェルの４方程式とオームの法則を表す式を書け。
2) 誘電率がε_1の誘電体１とε_2の誘電体２の境界面（２から１の方向を向く法線単位ベクトルを$\boldsymbol{n}$とする）で領域１，２の電界ベクトル$\boldsymbol{E}_1, \boldsymbol{E}_2$が満足すべき境界条件の式を書け。
3) 直角座標系(x,y,z)で表される空間の$x=d$ (d>0), $x=0$に平行に置かれた２枚の無限に広い平板電極の間に誘電率分布が$\varepsilon(x)=\varepsilon_0(x+d)/d$で表される誘電体が満たされていて、$x=d$の電極に単位面積当り$+Q$、$x=0$の電極に単位面積当り$-Q$の電荷が与えられている。このときの誘電体内の電束密度$\boldsymbol{D}$、電界$\boldsymbol{E}$と分極ベクトル$\boldsymbol{P}$の分布を求めよ。
4) 3)において誘電体内の分極電荷密度ρ_pの分布、$x=d$, $x=0$の誘電体表面の面分極電荷密度$\xi_p(d)$, $\xi_p(0)$を求めよ。