平成２５年度弁理士試験論文式筆記試験問題

［電磁気学］

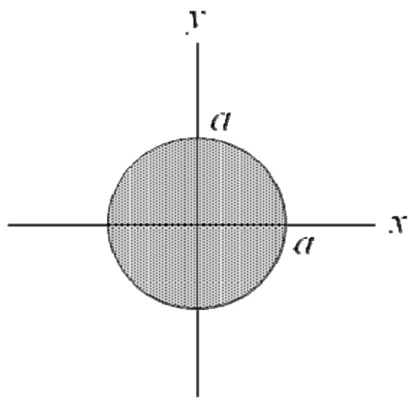
１．３次元 xyz 空間中で、原点を中心とする半径 a（$a>0$）の球の内部の領域（$x^2+y^2+z^2\le a^2$）に電荷が体積電荷密度 ρ（$\rho>0$）で一様に分布している［図１］。真空の誘電率を ε_0 とする。

【４０点】

(1)　球外の点 (x,y,z) における電場の大きさ E 及び電位 V を求めよ。無限遠において $V=0$ とする。

(2)　球内の点 (x,y,z) における電場の大きさ E 及び電位 V を求めよ。

(3)　縦軸を V、横軸を r として、V の概形をグラフに描け。$r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ とする。



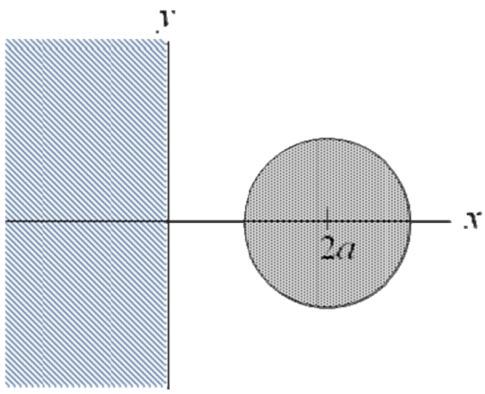
［図１］

３次元 xyz 空間中で、$x\le 0$ の領域が導体で満たされており、$(2a,0,0)$ を中心とする半径 a の球の内部の領域（$(x-2a)^2+y^2+z^2\le a^2$）に電荷が体積電荷密度 ρ（$\rho>0$）で一様に分布しているとする［図２］。

(4)　球外の点 (x,y,z) における電位 V を求めよ。ただし、$x>0$ とする。

(5)　球外の点 (x,y,z) における電場の x 軸方向成分 E_x を求めよ。$x>0$ とする。

(6)　導体の表面の点 $(0,0,0)$ に誘起される電荷の表面電荷密度 σ を求めよ。



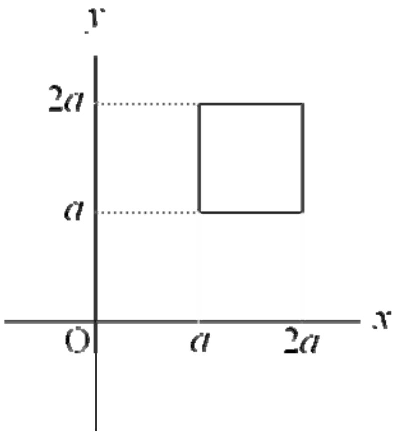
［図２］

２．３次元 xyz 空間中に１辺の長さ a の正方形のコイルが置かれている［図３］。コイルの頂点の位置は $(a,a,0)$，$(2a,a,0)$，$(2a,2a,0)$，$(a,2a,0)$ である。z 軸方向の磁場が印加され、時刻 t における点 (x,y,z) の磁束密度は $\left(0,0,\dfrac{A}{x}\sin\omega t\right)$ で与えられる。コイル導線の太さは無視できるものとする。

【３０点】

(1)　時刻 t においてコイルを貫く磁束 Φ を求めよ。

(2)　時刻 t においてコイルに生じる誘導起電力 V を求めよ。

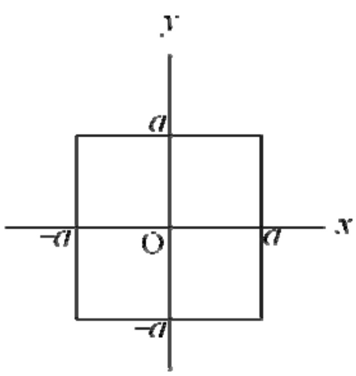


［図３］

３次元 xyz 空間中で１辺の長さ $2a$ の正方形のコイルに電流 I が流れている［図４］。コイルの頂点の位置は $(a,a,0)$，$(-a,a,0)$，$(-a,-a,0)$，$(a,-a,0)$ である。コイル導線の太さは無視できるものとする。微小電流 $I\mathrm{d}\vec{s}$（電流の大きさ I、電流の流れる方向と長さを表す微小ベクトル $\mathrm{d}\vec{s}$）がベクトル $\vec{r}$ 離れた点に作る微小磁場は $\mathrm{d}\vec{B}=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r^2}\mathrm{d}\vec{s}\times\dfrac{\vec{r}}{r}$ で与えられる（ビオ・サバールの法則）。真空の透磁率を μ_0 とする。

(3)　点 $(a,a,0)$ と点 $(-a,a,0)$ を結ぶ長さ $2a$ の導線部分を流れる電流 I が点 $(0,0,0)$ につくる磁束密度 B_1 の大きさを求めよ。

(4)　コイルを流れる電流 I が点 $(0,0,0)$ につくる磁束密度 B_2 の大きさを求めよ。



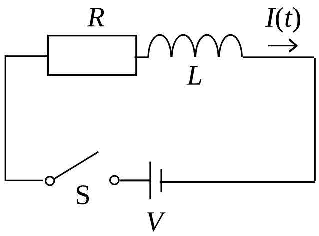
［図４］

３．抵抗値Rの抵抗、インダクタンスLのコイル、起電力Vの定電圧電源を用いて図５の回路を組み、時刻$t=0$においてスイッチ S を閉じた。時刻tにおいて回路を流れる電流を$I(t)$とする。

【３０点】

(1)　$I(t)$はどのように変化するか。レンツの法則により定性的に説明せよ。

(2)　$I(t)$を求めよ。縦軸を$I(t)$、横軸をtとして$I(t)$の概形を描け。

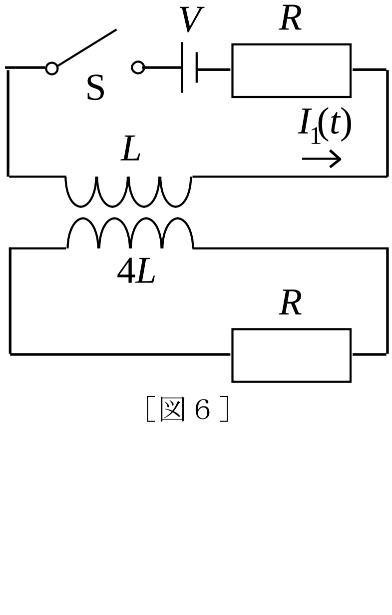


［図５］

抵抗値Rの抵抗、インダクタンスL及び$4L$のコイル、起電力Vの定電圧電源を用いて図６の回路を組み、時刻$t=0$においてスイッチ S を閉じた。時刻tにおいて上側の回路を流れる電流を$I_1(t)$とする。２つのコイル間の相互インダクタンスは$2L$とする。

(3)　上側の回路を流れる$I_1(t)$の変化に対応して、下側の回路に電流が流れた。なぜこのような現象が生じるかを定性的に説明せよ。

(4)　$I_1(t)$を求めよ。



［図６］