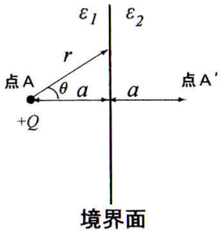
問題４　（選択問題）

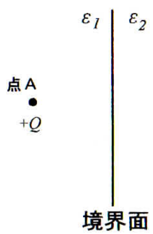
誘電率 ε_1 がとなる誘電体中の点Aに点電荷＋ Qがあり、これから距離 a だけ離れたところに誘電率 ε_2 となる誘電体との境界面が存在する。点Aから任意の境界面までの距離を r とし、最短距離方向とのなす角を θ とする。



4-1 全空間が ε_1 で満たされているとき点Aの鏡像点である点A' に電荷＋ Q_1 をおいたときの、境界面における電位 ϕ_1、電界 $\boldsymbol{E_1}$ を求めよ。

4-2 全空間が ε_2 で満たされているとき点Aに電荷＋ Q_2 をおいたときの、境界面における電位 ϕ_2、電界 $\boldsymbol{E_2}$ を求めよ。~~電荷 Q_1、Q_2を求め、~~

4-3 電荷 Q_1、Q_2を求め、$\varepsilon_1 < \varepsilon_2$ のとき電界分布を図示せよ。



問題５　（選択問題）

真空中に、原点 O を中心として x・y 平面に半径 a なる円形の微小閉路 L に沿って流れる微小定常電流ループ $\boldsymbol{I}$ がある。この微小電流ループの中心を球座標系 (r,θ,φ) の原点にとり、θ,φ 座標の基準軸（θ=0,φ=0 方向）を図 3 のようにそれぞれ z 方向、x 方向に定める。原点からの距離 r が閉路の半径 a に比べ十分大きい遠方の点を点 P とする。ここで球座標系における単位ベクトルを $\boldsymbol{i_r}$, $\boldsymbol{i_\theta}$, $\boldsymbol{i_\varphi}$ とする。また、真空中の透磁率を μ_0 とする。

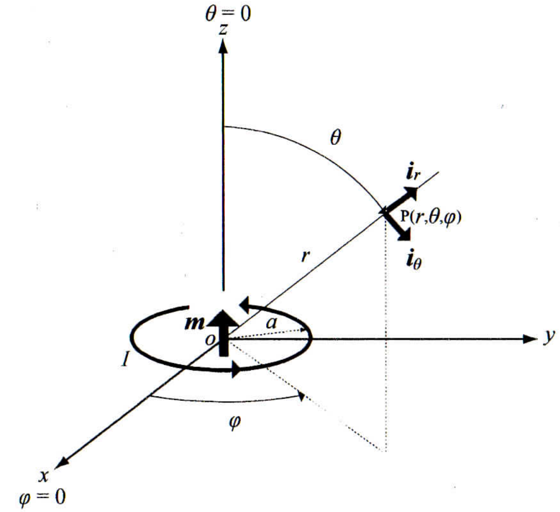
微小閉路 L 上に任意の点 Q をとるとき、点 P と点 Q との間の距離を r_{PQ} とする。

5-1 $r >> a$ の条件における r_{PQ} を φ を用いて表しなさい。

5-2 点 P におけるベクトルポテンシャル $\boldsymbol{A}$ を,θ を用いて表しなさい。

5-3 磁気双極子モーメント $m = I\pi a^2$ としたとき、点 P における点 P における磁界の強さ $\boldsymbol{H}$ を表しなさい。

（5-1～5-3 は導出過程を示すことで加点されます。）



【参考】ベクトル演算

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial V}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial V}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{r^2\sin^2\theta}\frac{\partial^2 V}{\partial\varphi^2}$$（球座標系）

$$\nabla\times\boldsymbol{A} = \boldsymbol{i}_r\left(\frac{1}{r}\frac{\partial A_z}{\partial\theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z}\right) + \boldsymbol{i}_\theta\left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r}\right) + \boldsymbol{i}_z\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rA_\theta) - \frac{1}{r}\frac{\partial A_r}{\partial\theta}\right]$$（円柱座標系）

$$\nabla\times\boldsymbol{A} = \boldsymbol{i}_r\left[\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(A_\varphi\sin\theta) - \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial A_\theta}{\partial\varphi}\right] + \boldsymbol{i}_\theta\left[\frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial A_r}{\partial\varphi} - \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rA_\varphi)\right]$$
$$+\boldsymbol{i}_\varphi\left[\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rA_\theta) - \frac{1}{r}\frac{\partial A_r}{\partial\theta}\right]$$（球座標系）