

電磁気学統論試験問題（平成 21 年度）試験時間：8 時 45 分～10 時 05 分

注 1 解答用紙は 2 枚、残りは下書き。解答が裏面にわたっても可。

注 2 解答が 2 枚にわたる場合は両方に、学部、入学年（年度）、氏名、学生番号を記入し、氏名の面が表になるようにし、重ねて二つ折りにして提出。1 枚の場合は、学部、入学年（年度）、氏名、学籍番号を記入し、氏名の面を表にし、二つ折りにして提出

問 1 電子の電荷と質量、及び真空中の光の速度をそれぞれ有効数字 2 桁で書け。

問 2 半径 a の円断面を持つ無限にのびた直線状導体に沿って電流が密度 j で一様に流れている。導体の中心軸を z 軸にとった円柱座標 (r, θ, z) を採用する。アンペールの式 $(\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j})$ を用い、 B_θ を z 軸からの距離 r の関数として求めよ。

問 3 上記で $a = 1\text{cm}$ 、 $j = 10\text{A/cm}^2$ とする。 $r = 10\text{cm}$ における B_θ を有効数字 2 桁でもとめよ。

問 4 xy 平面上に原点を中心にして置いた電流 I 、半径 a の環状電流ループがつくる z 軸上の磁場分布を求めよ。

(参考) ビオ・サバルの式：

$$\vec{B}(r_2) = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{\hat{r}_{21} \times d\vec{l}_1}{r_{21}^2}$$

問 5 真空中を伝播する電磁波を考える。

① xyz 座標系において x 方向に伝播する平面波を考える。波動電場が $\vec{E} = E_0 \cos(kx - \omega t) \hat{y}$ であるとき、これに対応する波動磁場 \vec{B} を求めよ。

② 上記の波動場 \vec{E}, \vec{B} が真空中のマクスウェル方程式を満たすことを示せ。

問 6 矩形断面を持つ軸対称な環状ソレノイドコイル（巻き数 N 、内半径 a 、外半径 b 、高さ h ）を考える。

巻き数 N は十分大きく、密で且つ一様に巻いてあり、磁束はソレノイドの外に漏れないとする。

① ソレノイドの自己インダクタンスが L 、抵抗が R であるとする。時刻 $t = 0$ でソレノイドを流れる電流が I_0 のとき、 $t > 0$ での電流 I を時刻の関数として表せ。

② 十分時間が経過すると電流は限りなくゼロに近づく。 $t = 0$ からそのときまでの総発熱量を求めよ。

③ 電流が I のときのソレノイド内の磁場を中心軸からの距離（半径 r ）の関数として求めよ。

④ ソレノイドの自己インダクタンス L を求めよ。

⑤ ソレノイドの中心の孔を貫通する導線ループを書く（右図参照）。ソレノイドの電流 I が、周波数 Ω で振動している時 ($I = I_0 \cos(\Omega t)$)、このループを貫く磁束が変化し、誘導電圧が生じてループに電流が誘起される。ループの一周抵抗 R が大きいと誘起電流は小さく、その磁束も小さく自己誘導電圧は無視できる。このような場合の誘導電流を求めよ。

