

# 電磁気学（物理学 A）試験問題

陶山明教員

平成 17 年 2 月 8 日

90 分

問題 1 電磁気学の基本法則に関連した以下の設問に答えよ。

- (1) マクスウェルの方程式を示せ。
- (2) 電場、磁場が時間に依存しない場合、電場と磁場を別々に取り扱うことができる理由を簡潔に述べよ。
- (3) 真の電荷と分極電荷の違い、真の電流と磁化電流の違いについて簡潔に述べよ。
- (4) 静電場  $\mathbf{E}(\mathbf{r})$  はスカラーポテンシャル  $\phi(\mathbf{r})$ 、磁束密度  $\mathbf{B}(\mathbf{r})$  はベクトルポテンシャル  $\mathbf{A}(\mathbf{r})$  から導かれる理由を簡潔に述べよ。
- (5) 変位電流が  $\frac{\partial \mathbf{D}(\mathbf{r})}{\partial t}$  で与えられる理由を簡潔に述べよ。
- (6) 電磁波の進行方向に対する電場と磁場の向きを答えよ。また、電磁波の電場と磁場の向きは互いにどのような関係になっているかを答えよ。

問題 2 半径  $a$  の導体球に電荷  $Q$  を与えた。

- (1) 電荷はどこにどのように分布するか。
- (2) 導体球の内外の電場と電位を求めよ。
- (3) 導体球の内外の電気力線と等電位面の様子を図示せよ。
- (4) 導体球の内部に空洞がある場合、電荷の分布は空洞がない場合とどのように異なるか。

問題 3 一様な電場  $\mathbf{E}_0$  の中に、それと垂直に無限に広い板状の導体板を入れた。導体板の表面上の誘導電荷を求めよ。また、導体板の上下の電場は  $\mathbf{E}_0$  からどのように変化するのかを答えよ。

問題 4 電流  $I$  が流れる半径  $a$  の円電流がある。

- (1) 位置  $\mathbf{r}'$  にある電流素片  $I d\mathbf{s}$  が位置  $\mathbf{r}$  につくるビオ・サバールの磁場  $\mathbf{B}$  を示せ。
- (2) ビオ・サバールの法則を用いて、円電流の中心軸上、高さ  $z$  の位置での磁束密度の大きさ  $B$  を求めよ。
- (3) 円電流の周りの磁力線の様子を図示せよ。

問題 5 単位長さあたりの巻き数が 1、半径が  $a$  の無限に長いソレノイドに電流  $I$  が流れている。

- (1) 磁束密度はソレノイドの内部で中心軸と平行な成分しかもたない。ソレノイドの内部のいたるところで磁束密度は一定であることを示せ。

- (2) ソレノイドの中心軸上での磁束密度の大きさを求めよ。必要ならば

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{a^2 dz}{(z^2 + a^2)^{3/2}} = 2$$

を用いよ。

- (3) ソレノイドの外部の磁束密度がゼロであることを示せ。
- (4) 1 cm あたりの巻き数が 20 の長いソレノイドに 1 A の電流を流した。ソレノイド内部の磁束密度の大きさは、東京での地磁気の水平成分 0.3 ガウスの何倍かを求めよ。ただし、 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N/A}^2$  である。
- (5) ソレノイドの中に鉄心を入れると磁束密度の大きさはどのように変化するか。

問題 6 以下の式を証明せよ。

- (1)  $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$  ただし、 $\mathbf{A}$  は任意のベクトルである。
- (2)  $\nabla r = nr^{n-2} \mathbf{r}$  ただし、 $\mathbf{r}$  は任意の位置ベクトルで、 $r = |\mathbf{r}|$  である。