

電磁気学

以下の問いについて、それぞれ指定された解答用紙に解答しなさい。

問題 1

誘電率 ϵ_0 (F/m) の自由空間に、半径 a (m) で中心が円筒座標の $(0,0,h)$ にある xy 面に平行な面電荷密度 ρ_s (C/m^2) の円板状電荷シートを考える。このとき、以下の問いに答えなさい。ただし、 $a \gg h > 0$ である。座標の単位はメートルである。

(1) $(0,0,0)$ における電界を求めなさい。

上記の電荷シートに加えて半径 a (m) で中心が $(0,0,-h)$ にある xy 面内に平行な電荷密度 $-\rho_s$ (C/m^2) の円板状電荷シートを置いて並行平板コンデンサーをつくる。円板状電荷シート端の影響は無視できるとする。このとき、以下の問いに答えなさい。

(2) $(0,0,0)$ における電界を求めなさい。

(3) この並行平板コンデンサーに蓄えられる静電界のエネルギーを求めなさい。

このコンデンサーから中心座標 $(0,0,h)$ 、半径 h (m) の円板状部分の電荷と中心座標 $(0,0,-h)$ 、半径 h (m) の円板状部分の電荷を取り除く。このとき、以下の問いに答えなさい。

(4) $(0,0,0)$ における電界を求めなさい。

(5) $(0,0,-h)$ と $(0,0,0)$ の電位差を求めなさい。

電磁気学

問題 2

真空中における電磁波の電界 E が、波数ベクトルの x 方向成分 $k_x (< 0)$ を用いて次の式で与えられている。

$$\begin{cases} E_x = 0, \\ E_y = 0, \\ E_z = 40 \cos\left(\frac{3}{2}\pi \times 10^8 t - k_x x\right). \end{cases}$$

ただし、 $|E|$, t , x の数値の単位は、それぞれ V/m, s, m である。真空中の誘電率 ϵ_0 を 8.9×10^{-12} F/m, 透磁率 μ_0 を $4\pi \times 10^{-7}$ H/m, 光速 c を 3.0×10^8 m/s として、下記の問 1)～問 8) に答えなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。問 1), 問 2), 問 5) を除き、導出過程も示しなさい。

- 1) マクスウェル方程式のうち、アンペール-マクスウェルの法則とファラデーの電磁誘導の法則を表す式を示しなさい。
- 2) この電磁波が進む向きを答えなさい。
- 3) アンペール-マクスウェルの法則とファラデーの電磁誘導の法則を用いて、この電磁波の進む速さが $1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ となることを証明しなさい。真空中には、電流や電荷はないものとしてよい。
- 4) この電磁波の k_x を求めなさい。
- 5) $E_z < 0$ のとき、磁界の向きを求めなさい。
- 6) 磁界の振幅を有効数字 2 桁で求めなさい。
- 7) $t = 0$, $x = 0$ における電界のエネルギー密度を、有効数字 2 桁で求めなさい。
- 8) 1 周期において時間平均したポインティングベクトルの大きさを、有効数字 2 桁で求めなさい。