

問題 8 電磁気学 (100 点)

以下の問い (問 1~問 4) に答えよ。解答用紙には解答に至る計算過程も記せ。

問 1 磁束密度 $B = 1.0 \times 10^{-7}$ [T] の一様磁場中で、陽子が半径 $a = 1.0 \times 10^5$ [m] のサイクロトロン運動をしている。このとき、以下の設問 (1), (2) に答えよ。

- (1) この陽子の速さを B, a, m, e を用いて表せ。ただし、 m は陽子の質量、 e は陽子の電荷を表す。
- (2) この陽子の速さの値を求めよ。ただし、 $m = 1.7 \times 10^{-27}$ [kg], $e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C] とせよ。

問 2 半径 a 、長さ L の円柱がある。この円柱の両端間に直流電流 J を流す。両端間の電気抵抗を R とする。この a, L, J, R のうち必要なものを用いて、以下の設問 (1)~(5) に答えよ。

- (1) この円柱の表面に生じる電場 \mathbf{E} の大きさを求めよ。
- (2) この円柱の表面に生じる磁場の強さ \mathbf{H} の大きさを求めよ。
- (3) この円柱の表面におけるポインティングベクトル $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$ は外向きか内向きか、理由をつけて記せ。
- (4) この円柱の表面におけるポインティングベクトル \mathbf{S} の大きさを求めよ。
- (5) 設問(4)で求めた関係式を用いて、この円柱の表面を単位時間当たりに通過する電磁エネルギーの総和を求めよ。

問 3 静電容量 C の平行板コンデンサーに交流電源をつなぐ。交流電源の電圧が $V = V_0 \cos(\omega t)$ (t は時間, V_0 と ω は定数) であるとき、コンデンサー内に生じる変位電流の大きさを求めよ。ただし変位電流密度はコンデンサー内部で一様とする。

問 4 電場 \mathbf{E} をスカラーポテンシャル ϕ とベクトルポテンシャル \mathbf{A} を用いてあらわせ。