

2003 年度 プラズマ工学試験問題

以下の問題において、電子の質量 m 、真空の誘電率 ε_0 、真空の透磁率 μ_0 、電子の電荷量 e とせよ。プラズマ周波数 $f_p(\text{Hz}) = \frac{\omega_p}{2\pi} = 9000\sqrt{n(\text{cm}^{-3})}$ で与えられることを使ってもよい。

文字は下手でもいいから、丁寧に書くこと。答だけでよいと書かれている問題以外は、説明を書くこと。答だけの場合は、それが正解でも 0 点とする。

I. 温度が十分に低い ($T_e = 0$ とする) 密度 n_0 のプラズマを考える。波数 k の電子プラズマ波が x 方向に伝搬しているとする。

- (1) このプラズマ波の周波数は、どのような式で与えられるか。(答だけでもよい。)
- (2) 電子プラズマ波の密度振幅が $\delta n = 0.1n_0$ であるとする。このとき、電子プラズマ波が作る最大電場を求める式を導け。
- (3) 電子プラズマ波の密度振幅が $\delta n = 0.1n_0$ であるとき、電子の密度分布の式 $n(x, t)$ を求めよ。
- (4) プラズマの密度が $n_0 = 1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とする。プラズマ波の位相速度が $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ (光速) であるとき、プラズマ波の波長 λ を求めよ。
- (5) 電子プラズマ波の振幅が、定常状態のプラズマ密度の 10%(つまり、 10^{15} cm^{-3} であるとする。) このとき、プラズマ波が作る最大電場を求めよ。
- (6) x 方向には、電流が流れている。この電流密度 j_x を連続の式を用いて求めよ。

II. 密度 n のプラズマ中を伝搬する電磁波 (周波数 ω) の分散関係を求めたい。次の順序で導け。

- (1) この電磁波の電場 ($\mathbf{E}$) によって電子電流 ($\mathbf{J}$) が流れる。電子の運動方程式から、 $\mathbf{J}$ と $\mathbf{E}$ の関係を求めよ。計算の際に、 $\frac{\partial}{\partial t} = -i\omega$ とせよ。
- (2) 上で求めた式において、虚数 i が入っている。このことは、電場と電子電流の間にどのような関係があることを示しているか。
- (3) 用いるマクスウェルの方程式 (2 本) を書け。(答だけでよい。)
- (4) 以上より、プラズマ中を伝搬する電磁波の分散関係を求めよ。
- (5) この周波数の電磁波に対して、臨界密度 n_{cr} を計算せよ。