

電磁気学1演義 第8回 アドバンストクラス追加問題

1. 電離した気体 (プラズマ) 中の弱い電磁波について考えよう。(考えている波長スケールでは) 気体は一様かつ中性で, 電荷密度はゼロと見做すことにする。マクスウェル方程式から, 電場 E の従う方程式は,

$$\Delta \mathbf{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = \mu_0 \frac{\partial \mathbf{j}}{\partial t} \quad (1)$$

となる。

- (a) 電流密度 \mathbf{j} は電子の運動によって生じる。(イオンは重いので, 無視できる。) 電子の速度は遅く, ローレンツ力の磁場の寄与を無視できるとして, $\partial \mathbf{j} / \partial t$ を E で表せ。ただし, 電子の質量, 電荷, 数密度を $m_e, -e, n_e$ とする。
- (b) $\mathbf{E} = E_0 \exp i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)$ (E_0 は定数ベクトル) と置いて, $k = |\mathbf{k}|$ を ω で表せ。ただし \mathbf{k} は実ベクトルとする。
- (c) $\omega < \omega_p$ では k が虚数になる。「**プラズマ角振動数**」 ω_p の表式を求めよ。
- (d) 電離層での ω_p を求めよ。ただし, $n_e = 1.0 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ とする。

虚数の k は電磁波が減衰して伝搬できないことを意味するから, ω_p 以上の角振動数の電波を使わなければ, 人工衛星と通信できないだろう。