

電磁気学1 演義 第8回 アドバンストクラス追加問題

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 \mathbf{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。

1. 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 \mathbf{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。
2. $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \exp i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)$ (\mathbf{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。
3. $\omega < \omega_p$ では k が虚数になるような ω_p を求めよ。 ω_p は「**プラズマ角振動数**」と呼ばれる。
4. 電離層での ω_p の値を求めよ。ただし、電離層で $n_e = 1.0 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$ 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。