

ÜBUNGEN ZUR ELEKTRODYNAMIK II WS 13/14

Aufgabenblatt 10

13.12.2013

10.1 Elektromagnetische Welle im Plasma

Ein Plasma bestehe aus wechselwirkungsfreien Ladungsträgern der Ladung e , der Masse m und der Anzahldichte N . Eine ebene elektromagnetische Welle mit Frequenz ω und Wellenzahl k treffe auf dieses Plasma.

1. Zeige, dass die (frequenzabhängige) Leitfähigkeit gegeben ist durch

$$\sigma = i \frac{Ne^2}{m\omega}. \quad (1)$$

Anleitung: Löse zunächst die Bewegungsgleichung für einen Ladungsträger des Plasmas. Vernachlässige dabei den Effekt des magnetischen Feldes der elektromagnetischen Welle (nichtrelativistischer Grenzfall). Berechne aus der Lösung die Stromdichte und daraus die Leitfähigkeit.

2. Bestimme den Brechungsindex n des Plasmas als Funktion von ω und daraus die Dispersionsrelation, d.h. die Beziehung zwischen k und ω . Nimm dabei für das Plasma $\mu = 1$ an und drücke beide Ergebnisse durch die Plasmafrequenz aus,

$$\omega_p^2 \equiv \frac{4\pi Ne^2}{m}. \quad (2)$$

3. Was passiert im Fall $\omega < \omega_p$?

10.2 Ionosphäre

Wie groß muss die Frequenz (in Hz) einer elektromagnetischen Welle mindestens sein, um die Ionosphäre zu durchdringen?

Hinweis: Die Ionosphäre kann für diese Frage als ein wechselwirkungsfreies Elektronplasma im Sinne von Aufgabe 10.1 mit Elektronendichte $N \simeq 10^{13} \text{ m}^{-3}$ angenommen werden.

10.3 Erdmagnetfeld

Kann das Erdmagnetfeld ein reines primordiales Feld sein?

Anleitung: Wenn das Erdmagnetfeld ein reines primordiales Feld wäre, müsste es seit der Entstehung des Sonnensystems vor etwa 4.6 Milliarden Jahren überlebt haben. Wie groß müsste also ein solches primordiales Feld B_0 sein, wenn es sich durch Diffusion auf das heutige Magnetfeld reduziert hätte? Gib eine grobe Abschätzung an mit Hilfe des Ergebnisses von Aufgabe 9.2. Nimm dabei an, dass die durchschnittliche Leitfähigkeit der Erde ungefähr $\sigma \sim 10^{15} \text{s}^{-1}$ ist.