

Übungen zur Experimentalphysik II

SS 2022, Prof. A. Melzer

Zettel 8

1. Verschiebungsstrom (3 P)

In einem Experiment haben Bartlett und Corle (*Phys. Rev. Lett.* 55 (1985) 59) das Magnetfeld des Verschiebungsstroms in einem Plattenkondensator untersucht. Dazu wurde an die Platten des Kondensators eine Wechselspannung mit einer Frequenz $f = 1250$ Hz angelegt. Die Wechselspannung mit einer Amplitude von $V_m = 240$ V zur Masse wurde dabei um 180° phasenverschoben an die Platten angelegt. Die Autoren haben dann die radiale Variation des Magnetfeldes B im Abstand r von der Mittelachse des Kondensators gemessen. Welche (Amplitude der) Änderung dB/dr würde man erwarten, wenn der Plattenabstand $d = 1.22$ cm ist und das Experiment in flüssigem Helium ($\epsilon_r = 1.05$) betrieben wird. Der gemessene Wert war $dB/dr = 0.171 \mu\text{G}/\text{cm}$. Vergleichen Sie!

2. Elektromagnetische Welle im Plasma (4 P)

Auch in einem Plasma können sich elektromagnetische Wellen ausbreiten. Ein Plasma ist ein quasineutrales Gas aus Elektronen und Ionen. Quasineutralität bedeutet, dass die Elektronendichte n_e und die Ionendichte n_i gleich sind, also $n_e = n_i = n$. Weil in dem elektrischen Feld der elektromagnetischen Wellen die Elektronen des Plasmas zu Oszillationen angeregt werden können, ändert sich die Beziehung von Wellenfrequenz ω und Wellenzahl k für ein (stoßfreies, nicht-magnetisiertes) Plasma zu

$$\omega^2 = \omega_{pe}^2 + k^2 c^2 \quad .$$

Hier ist ω_{pe} die sog. Elektronenplasmafrequenz mit

$$\omega_{pe} = \sqrt{\frac{n e^2}{\epsilon_0 m_e}} \quad ,$$

wobei e die Elementarladung und m_e die Elektronenmasse und c ist die Lichtgeschwindigkeit.

(a) Skizzieren Sie $\omega(k)$!

(b) Unter welcher Bedingung können sich elektromagnetische Wellen in einem solchen Plasma ausbreiten?

(c) Berechnen Sie die Phasen- und Gruppengeschwindigkeit (was war das gleich noch mal?) aus der gegebenen Dispersionsbeziehung! Was ergibt sich jeweils für $k \rightarrow 0$ und $k \rightarrow \infty$?

(d) Wie groß ist die Phasen- und Gruppengeschwindigkeit einer elektromagnetischen Welle der Frequenz $\nu = 2$ GHz in einem Plasma mit der Elektronendichte von $n_e = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Vergleichen Sie mit der freien elektromagnetischen Welle.

3. Empfänger (3 P)

Eine kreisförmige Leiterschleife wird als Empfänger für elektromagnetische Wellen verwendet. Ein 100 MHz-Sender strahlt eine Leistung von 50 kW isotrop ab. Berechnen Sie die induzierte Spannung in einer Schleife mit 50 cm Radius. Der Abstand zwischen Sender und Empfänger betrage 100 km.

Abgabe der Übungen am 15. bzw. 16. Juni!