

Übungsblatt ED 6

E2 Elektrodynamik, Prof. Braun, SoSe 2023 (*nur für E2)

RLC Stromkreis, Wellenausbreitung im Koaxkabel, Hohlleiter, Wechselstrom, Komplexe Widerstandsdarstellung, Filter, Tiefpass / Hochpass

Mündliche Aufwärmaufgaben

Fassen Sie die Relationen von Strom und Spannung zusammen für Widerstand R, Kapazität C und Spule L. Wie sind die Relationen in komplexer Frequenzraum-Schreibweise? Was sind die Formeln für die elektrische Leistung im Widerstand R, Kapazität C und Spule L? Warum ist das B-Feld die mathematische Abkürzung für den relativistischen Effekt des E-Feldes?

Aufgaben zum Vorrechnen

1. (mittel) Gedämpfte Schwingung und Gütefaktor

Ein gedämpfter Oszillator verliere pro Periode 2 Prozent seiner Energie.

a) Nach wie vielen Perioden besitzt er nur noch die halbe Anfangsenergie?

b) Wie groß ist der Gütefaktor Q? Der Gütefaktor Q ist definiert als $2 \cdot \pi \cdot$ gespeicherter Energie geteilt durch die abgegebene Energie pro Periode.

c) Wie breit ist die Resonanzkurve bei erzwungenen Schwingungen, wenn der Oszillator eine Eigenfrequenz von 50Hz besitzt? Recherchieren Sie die nötige Relation selbstständig!

2. (mittel) RLC Serienschaltung

a) Leiten Sie für den RLC-Serienschaltkreis die Differentialgleichung her, indem Sie energetisch argumentieren: Abnahme der elektrischen und magnetischen Feldenergie = Joulesche Wärme im Widerstand R. Tip: Um die Relation für I zu bekommen, werden Sie einmal zusätzlich zeitlich ableiten müssen.

b) Überprüfen Sie, daß die Differentialgleichung gelöst wird mit dem Ansatz für den Strom:

$$I = I_0 e^{-\omega_1 t} \cos(\omega t + \varphi)$$

und geben Sie Relationen für die Größen ω_1 und ω an. Gibt es eine Relation für φ ?

c) Geben Sie die Werte für ω_1 und ω an für $C = 0.01 \mu\text{F}$, $L = 100 \mu\text{H}$ und $R = 20 \Omega$. Welchen Q-Faktor hat dieses RLC-Glied (siehe Aufgabe 1)?

3. (leicht) Single Mode Faser.

Die inzwischen häufigste Anwendung eines Hohlleiters ist die Glasfaser. Hierbei wird Licht nicht mittels leitender Wände lokalisiert, sondern durch die Reflexion zwischen einem Kern- und Randmaterial mit unterschiedlichen optischen Brechungsindizes. Ein typische Wert der Dielektrizitätskonstante ϵ des Kerns bei den hohen Lichtfrequenzen (230 THz) liegt bei $\epsilon = 2.42$. Die Permeabilitätszahl des magnetischen Feldes hat keinen Einfluß mit $\mu=1$. Wie hoch ist dann die zu erwartende Lichtgeschwindigkeit (Gruppengeschwindigkeit) in der Faser?

4. (leicht-mittel) Laden und Entladen eines Kondensators.

a) Leiten Sie mit der Kirchhoffschen Regeln die Differentialgleichung für die Ladung auf dem Kondensator her für das Aufladen eines Kondensators C durch einen Widerstand R mit einer Spannungsquelle U_0 (serielle Schaltung). [Wie in Aufgabe 2 können Sie auch von einer energetischen Sichtweise starten, indem Sie die Aufnahme an elektrischer Feldenergie im Kondensator mit der Joulschen Wärme im Widerstand gleichsetzen.]

b) Lösen Sie die Differentialgleichung mit einem exponentiellen Ansatz mit einer Zeitkonstante τ . Geben Sie den Wert der Zeitkonstante für $R = 200 \Omega$ und $C = 20\mu\text{F}$ an.

c) Wie sieht die Differentialgleichung und die Lösung für das Entladen des Kondensators aus?

d) Sie haben eine Wechselspannungsquelle und möchten mit einer elektrischen Schaltung dafür sorgen, daß nur Frequenzen unterhalb von rund 2kHz durchgelassen werden (Tiefpass 1. Ordnung). Sie benötigen dafür einen Widerstand R und einen Kondensator C . Wie groß sollte C sein, wenn $R=500 \Omega$ gewählt wird?

e) Wie muß die Schaltung aussehen, wenn Sie nur Frequenzen oberhalb von 2kHz durchlassen wollen (Hochpass 1. Ordnung)?