Übungsblatt 8: 20.12/23.12

Übungen zu Physik III

H.F. Arlinghaus, R. Friedrich, Veranstaltung Nr. 110969, WS 2005/06

$http://pauli.uni-muenster.de/menu/Arbeitsgebiete/friedrich/lehrews0506.html$

*=Aufgaben aus der Experimentalphysik

SCHRIFTLICH:

Aufgabe 1: Wechselstrom *

Eine Wechselspannung mit der Amplitude $U_0 = 70{,}8\,\mathrm{V}$ und der Frequenz $\omega = 10^4\,\mathrm{s}^{-1}$ wird an eine Parallelschaltung von einem ohmschen Widerstand von $R_0 = 100\,\Omega$ und einer Kapazität von $C = 1\,\mu\mathrm{F}$ gelegt. Wir groß sind Amplitude und Phase des Wechselstroms?

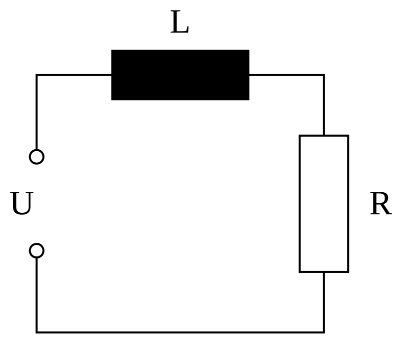
MÜNDLICH:

Aufgabe 2: Unbekannte Schaltung *

Von einem Kasten mit zwei Anschlüssen weiß man nur, daß er eine Induktivität mit sehr kleinem Widerstand enthält sowie eine Kapazität und einen ohmschen Widerstand. Legt man an die Anschlüsse eine Gleichspannung der Stärke 1 V an, so fließt ein Strom von 1 mA. Legt man 1 V Wechselspannung der Frequenz 50 Hz an, so fließen 10 mA. Erhöht man die Frequenz und lässt dabei die angelegte Spannung konstant, steigt der Strom bis zu einem Maximum bei 1 kHz an. Bei weiterer Erhöhung der Frequenz nimmt der Strom wieder stetig ab, bis er schließlich einen Endwert von 1 mA erreicht. Wie sind die einzelnen Elemente innerhalb des Kastens miteinander verbunden und welche Werte haben sie?

Aufgabe 3: Einschaltvorgang

Zur Zeit $t = t_0$ $(I(t_0) = 0)$ wird in dem unten abgebildeten Schaltkreis eine Gleichspannung $U = const$ eingeschaltet. Stellen Sie für $t > t_0$ eine Differentialgleichung für den Strom auf und geben sie deren allgemeine Lösung an. Multiplizieren Sie die Differentialgleichung mit $I(t)$ und integrieren Sie dann von $t = t_0$ bis $t = t'$. Was sagt Ihnen das Ergebnis?



Aufgabe 4: Filter

Betrachten Sie das aus einer Induktivität und einem Widerstand bestehende Bauelement mit der Eingangsspannung $U_e(t)$ und der Ausgangsspannung $U_a(t)$.

1. Stellen Sie eine Differentialgleichung für die Spannung $U_a(t)$ auf.

2. Wechseln Sie mit Hilfe der Fouriertransformation aus dem Zeit- in den Frequenzbereich.

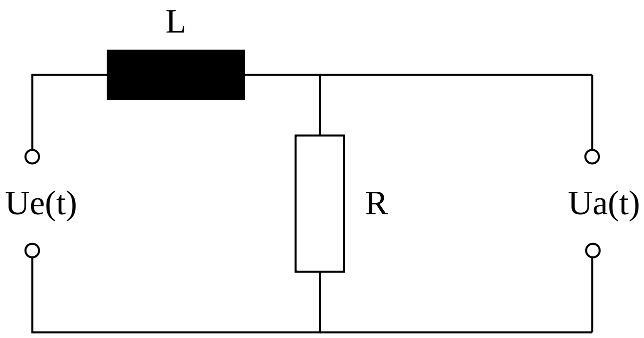
3. Lösen Sie die Gleichung im Frequenzbereich. Berechnen Sie $|U_a(\omega)| = |Z(\omega)||U_e(\omega)|$ und skizzieren Sie $|Z(\omega)|$ in einem doppelt-logarithmischen Diagramm. Betrachten Sie die Grenzfälle $\omega = 0$ und $\omega \to \infty$. Welche Funktion hat der Schaltkreis. Kann er auch durch andere Bauelemente realisiert werden?

4. Setzen Sie $U_e(t) = U_0\delta(t)$ und führen Sie die Rücktransformation aus. Dabei wird ihnen die Formel

$$\frac{1}{a} = \int_{-\infty}^{\infty} dx\ \Theta(x)e^{-ax}$$

behilflich sein. Dabei ist $\Theta(x)$ die Sprungfunktion.

5. Skizzieren Sie das Ergebnis. Welche formale Bedeutung hat es?



Aufgabe 5: Poynting-Vektor

Im Vakuum sei das elektrische Feld

$$\mathbf{E} = E_0[\cos(kz - \omega t)\mathbf{e}_x + \sin(kz - \omega t)\mathbf{e}_y]$$

einer ebenen Welle mit Ausbreitungsrichtung $\mathbf{k} = k\mathbf{e}_z$ gegeben.

a) Berechnen Sie das Magnetfeld $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$ und den Poynting-Vektor $\mathbf{S}(\mathbf{r}, t)$.

b) Berechnen Sie die zeitgemittelte Intensität

$$I = \frac{1}{T}\int_0^T dt |\mathbf{S}(\mathbf{r}, t) \cdot \mathbf{n}|,$$

wobei $\mathbf{n}$ der Normalenvektor einer Fläche ist, die im Winkel Θ zu $\mathbf{S}$ geneigt ist. T ist die Länge einer Schwingungsperiode.

c) Stellen Sie sich vor, daß die Welle (Wellenlänge = 532nm) senkrecht auf die Seitenfläche eines mit Wasser gefüllten Würfels der Kantenlänge 1cm fällt. Die Fläche soll dabei die Energie vollständig absorbieren. Wie groß muß E_0 sein, damit das Wasser innerhalb von einer Sekunde von 20 auf 25 Grad Celsius aufgeheizt wird. Ist diese Feldstärke realistisch? Vergleichen Sie dazu E_0 mit dem Feld zwischen einem Proton und einem Elektron, die sich im Abstand des Bohrschen Radius (Was ist das? Internet hilft im Notfall weiter) voneinander befinden.

Hinweis: Denken Sie bei der Bearbeitung von Teil c) daran, daß für elektromagnetische Wellen im Vakuum bestimmte Relationen zwischen Frequenz, Wellenlänge und Lichtgeschwindigkeit gelten. Daß kann bei der Rechnung hilfreich sein.

Aufgabe 6: Spannungstensor

Gegeben sei eine Anordnung aus zwei parallelen kreisförmigen Metallplatten mit Radius R im Abstand d. Der Raum zwischen den Platten sei mit einem Dielektrikum mit der Dielektrizitätskonstante ϵ_r gefüllt. Die Platten sind entgegengesetzt gleich geladen ($\pm Q$).

a) Berechnen Sie das elektrische Feld und die Spannung zwischen den Platten.

b) Bestimmen Sie mit Hilfe des Spannungstensors die elektrostatischen Kräfte auf die Platten.