

ERSTE KLAUSUR

KLASSISCHE EXPERIMENTALPHYSIK II

SS 2015

21. August 2015, 8:30 – 11:00 Uhr

Name :

Vorname :

Matrikel :

Sitzplatz :

Info-Nr. :

Aufgabe	Max. Punktzahl	Erreichte Punktzahl
1	12	
2	12	
3	12	
4	12	
5	12	
Σ	60	

Studierendenausweis oder Personalausweis ist vorzulegen.

Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein. Vor der Berechnung numerischer Werte ist zunächst die Endformel herzuleiten. Skizzen und Zeichnungen sind mit Sorgfalt anzufertigen.

Weitere Hilfsmittel: keine.

Aufgabe 1:**(12 Punkte)**

Ein Plattenkondensator mit Kapazität C_0 und Plattenabstand d ist an einer Spannungsquelle mit Gleichspannung U_0 angeschlossen. Eine homogene dielektrische Scheibe (Dielektrizitätszahl ε_r) passt mit ihren äußeren Maßen bündig in den Kondensator, liege anfangs aber außerhalb.

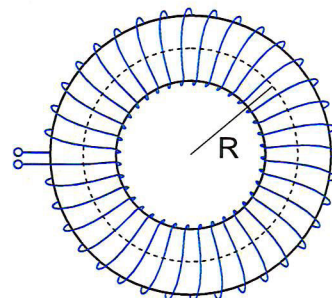
- a) Berechnen Sie die Ladung Q_0 und die Feldenergie W_0 des leeren Kondensators.
- b) Die dielektrische Scheibe wird bei angeschlossener Spannungsquelle in den Kondensator geschoben. Bestimmen Sie die resultierende Ladung Q_1 , das elektrische Feld E_1 und die Feldenergie W_1 .
- c) In einem zweiten Versuch wird die Spannungsquelle zunächst abgeklemmt und die dielektrische Scheibe erst danach in den Kondensator eingebracht. Welche Ladung Q_2 , Feldstärke E_2 und Feldenergie W_2 stellen sich nun ein?
- d) Da $W_1 > W_0$ und $W_2 < W_0$ ändert sich die Feldenergie im Kondensator durch Zu- oder Abfluss. Benennen Sie die äußeren Quellen und Senken dieser Energie. Erläutern Sie in einer Energiebilanz, aus welchen Beiträgen sich W_1 und W_2 zusammensetzen (ohne Rechnung).

Zahlenwerte: $C_0 = 1 \text{ pF}$, $d = 1 \text{ mm}$, $U_0 = 100 \text{ V}$, $\varepsilon_r = 10$.

Aufgabe 2:**(12 Punkte)**

Eine Ringpule (oder Toroidspule) besteht aus einem Kern in Form eines Ringes (Mittenradius R) mit beliebiger Querschnittsfläche A , auf dem ein elektrisch leitender Draht mit hoher Wicklungsdichte aufgewickelt ist (vgl. Skizze). Die Ringspule liege in der xy -Ebene und ihre Symmetrieachse sei mit der z -Achse des Koordinatensystems identisch.

- a) Bestimmen Sie die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ innerhalb der Ringspule für einen gegebenen Strom I und Wicklungszahl N .
- b) Berechnen Sie die Induktivität L einer Ringspule mit rechteckiger Querschnittsfläche (Höhe h in z -Richtung, Breite b in radialer Richtung). Vereinfachen Sie den resultierenden Ausdruck für den Fall $R \gg b$ und vergleichen Sie ihn mit dem einer Zylinderspule.

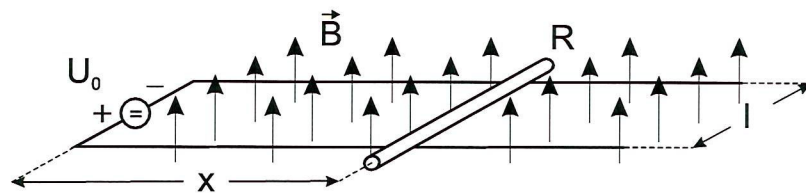


Hinweis: Für $|x| \ll 1$ gilt näherungsweise $\ln(1+x) \simeq x$.

Aufgabe 3:**(12 Punkte)**

Ein anfangs ruhender Kupferstab mit ohmschem Widerstand R und Masse m liegt reibungsfrei und im elektrischen Kontakt auf zwei horizontalen, parallelen, widerstandlosen Leiterbahnen mit Abstand l , an die eine zeitlich konstante Spannung U_0 angelegt ist. Die gesamte Anordnung habe eine vernachlässigbar kleine Selbstinduktivität und werde von einer homogenen magnetischen Flussdichte $\vec{B}$ senkrecht durchdrungen (vgl. Skizze).

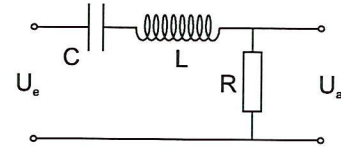
- Bestimmen Sie Betrag und Richtung der auf den ruhenden Stab wirkenden horizontalen Kraft $\vec{F}$.
- Leiten Sie den Strom I durch den Stab als Funktion seiner Geschwindigkeit v ab.
- Stellen Sie die Bewegungsgleichung für $v(t)$ auf und lösen Sie diese für die gegebenen Randbedingungen. Welche maximale Geschwindigkeit $v_{\max}$ kann der Stab erreichen?



Aufgabe 4:**(12 Punkte)**

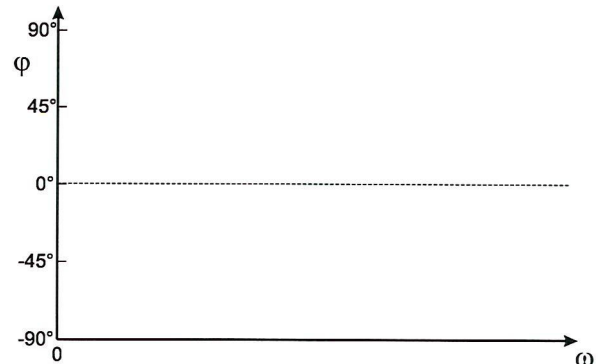
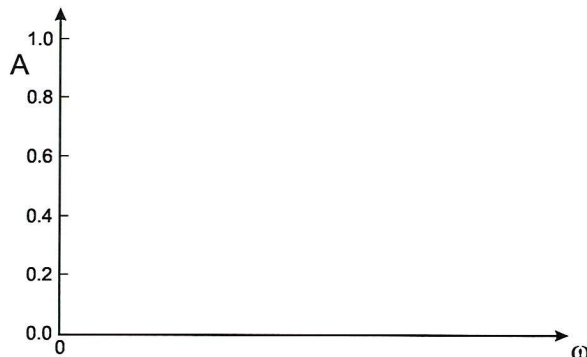
Gegeben sei die abgebildete Schaltung mit Kapazität C , Induktivität L und ohmschem Widerstand R . Auf der linken Seite wird eine harmonische Eingangsspannung U_e mit Winkel Frequenz ω angelegt, auf der rechten Seite erhält man die Ausgangsspannung U_a . Die komplexe Übertragungsfunktion ist dann gegeben durch

$$\underline{A}(\omega) = \frac{U_a}{U_e} = A e^{i\varphi}$$



mit Amplitude $A = |\underline{A}(\omega)|$ und Phasenverschiebung φ .

- Leiten Sie die Ausdrücke für A und φ als Funktion der gegebenen Größen ab.
- Bestimmen Sie den Verlauf von $A(\omega)$ und $\varphi(\omega)$. Berechnen Sie dazu die Grenzwerte für $\omega \rightarrow 0$ und $\omega \rightarrow \infty$ sowie die Frequenzen von Extrema und Nullstellen. Skizzieren Sie schließlich $A(\omega)$ und $\varphi(\omega)$ mit Hilfe der vorgegebenen Diagramme.
- In einer Messung mittels Zweikanal-Oszilloskop werden die Spannungen $U_e(t)$ und $U_a(t)$ gemeinsam gegen die Zeit t aufgetragen. In welche Richtung ist die Kurve von $U_a(t)$ gegenüber der von $U_e(t)$ verschoben, wenn die Phasenverschiebung φ negativ ist? (Antwort mit ausführlicher Begründung!)



Aufgabe 5:**(12 Punkte)**

Eine ebene elektromagnetische Welle im Vakuum mit elektrischem Feld $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(kz - \omega t)$ und magnetischer Flussdichte $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin(kz - \omega t)$ propagiere in z -Richtung mit Wellenvektor $\vec{k}$ und Winkelfrequenz ω . Die vektoriellen Größen seien gegeben durch

$$\vec{E}_0 = \begin{pmatrix} E_{x0} \\ E_{y0} \\ E_{z0} \end{pmatrix} \quad ; \quad \vec{B}_0 = \begin{pmatrix} B_{x0} \\ B_{y0} \\ B_{z0} \end{pmatrix} \quad ; \quad \vec{k} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ k \end{pmatrix}$$

mit konstanten Komponenten.

- a) Zeigen Sie, dass die z -Komponenten von $\vec{E}$ und $\vec{B}$ verschwinden, $E_{z0} = B_{z0} = 0$.
- b) Zeigen Sie weiter, dass die Beziehung gilt $\vec{B} = \frac{1}{\omega} \vec{k} \times \vec{E}$.
- c) Weisen Sie unter Benutzung von (b) nach, dass die Energiedichten w_e des elektrischen Feldes und w_m der magnetischen Flussdichte gleich groß sind, $w_e = w_m$.