Erste Klausur
Klassische Experimentalphysik II

SS 2023

1. August 2023, 14:00 – 16:00 Uhr

Name :
Vorname :
Matrikel :

Sitzplatz :

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

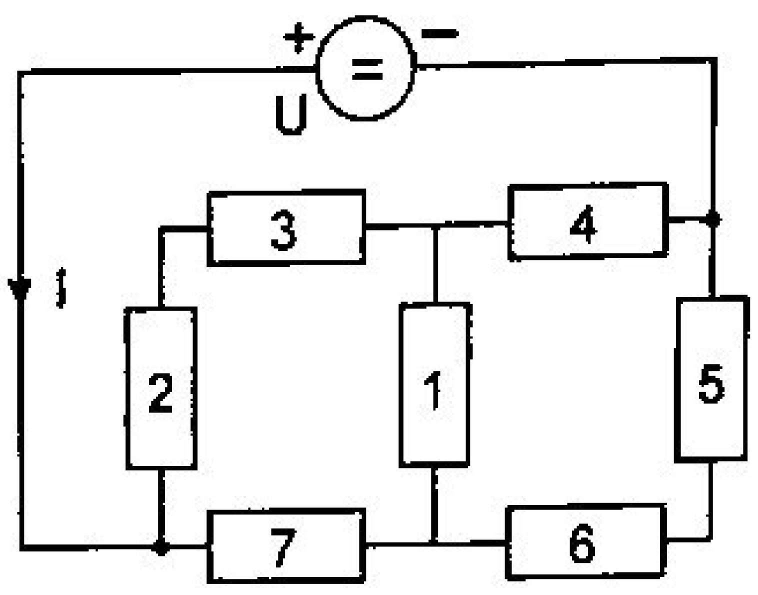
Studierendenausweis oder Personalausweis ist vorzulegen.

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)

Gegeben ist ein Netzwerk aus 7 ohmschen Widerständen R_i, $i \in \{1..7\}$, mit identischen Werten $R_i = R_0$. Eine entsprechend der Skizze angelegte Gleichspannung U führt zu einem Gesamtstrom I. Zu berechnen ist der Ersatzwiderstand des Netzwerks $R_\mathrm{E} = U/I$ als Funktion von R_0.



a) Bestimmen Sie, welche Ströme I_i durch die Widerstände R_i aufgrund der Symmetrie des Netzwerks gleich sind.

b) Stellen Sie dann eine genügende Zahl unabhängiger Gleichungen für die Ströme I_i und dem Gesamtstrom I mit Hilfe der Kirchhoffschen Regeln auf.

c) Berechnen Sie R_E durch Lösen des Gleichungssystems.

Hinweis: Sowohl die Verwendung der Determinante der Koeffizientenmatrix als auch die sukzessive Eliminierung von Variablen sind geeignete Methoden zur Lösung des Gleichungssystems.

<u>Aufgabe 2:</u> (12 Punkte)

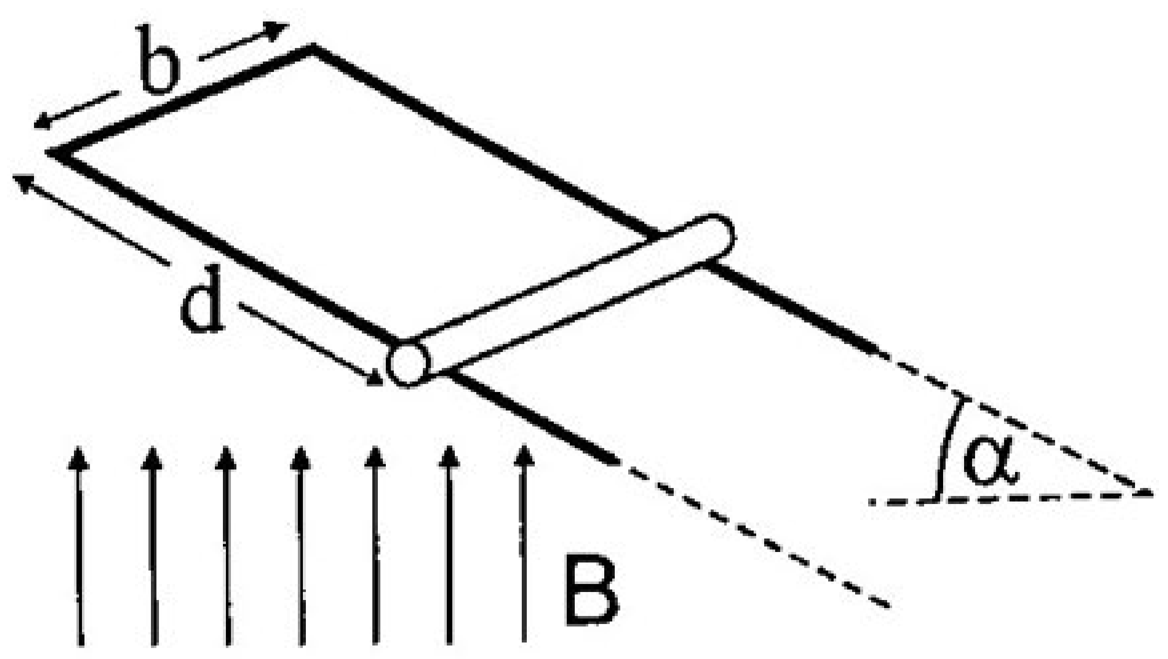
Gegeben sei eine Kugel mit Radius R und homogener Ladungsdichte ρ_0. Zu berechnen ist das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r})$ innerhalb und außerhalb der Kugel. Dazu sind zwei Ansätze möglich: (1) Integration über die elektrischen Felder aller infinitesimalen Teilladungen dQ' an den Orte $\vec{r}'$ innerhalb der Kugel, und (2) Integration der ersten Maxwellschen Gleichung unter Verwendung der Symmetrie der Ladungsverteilung.

a) Wie lautet bei Ansatz (1) das zu lösende Integral für das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r})$? (ohne Berechung der Lösung.)

b) Verwenden Sie Ansatz (2) zur Herleitung des elektrischen Feldes $\vec{E}(\vec{r})$. Begründen Sie sorgfältig die einzelnen Teilschritte, insbesondere wenn diese auf Symmetrieargumenten beruhen. Skizzieren Sie schließlich den Betrag des elektrisches Felds E als Funktion des Abstands r vom Mittelpunkt der Kugel.

Aufgabe 3: (12 Punkte)

Zwei am oberen Ende verbundene, idealleitende Schienen bilden mit einem daraufliegenden Stab (Masse m, Widerstand R) eine rechteckige Leiterschlaufe S (Breite b, Länge d). Die Schienen sind um den Winkel α gegen die Horizontale geneigt, so dass der anfangs ($t=0$) ruhende Stab beschleunigt wird und auf den Schienen mit der Geschwindigkeit $v(t)$ reibungsfrei herabgleitet. Ein der Erdanziehung entgegengerichtetes homogenes Magnetfeld B durchdringe die gesamte Anordnung.



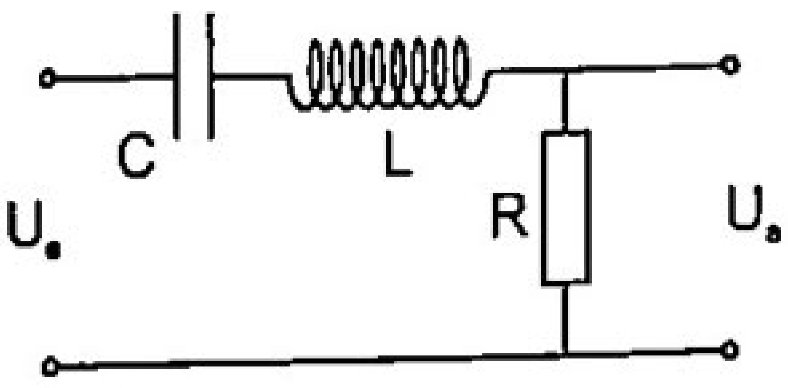
a) Bestimmen Sie ausgehend von den Maxwellschen Gleichungen den Betrag und die Richtung des Stroms I, der in die Leiterschlaufe S induziert wird. Die Induktivität L der Schlaufe werde vernachlässigt. Berechnen Sie die auf den Stab wirkende Lorentzkraft $\vec{F}_L$.

b) Stellen Sie die Newtonsche Bewegungsgleichung für den Stab auf und bestimmen Sie seine Geschwindigkeit $v(t)$ sowie die Endgeschwindigkeit v_e für $t \to \infty$.

c) Zeigen Sie, dass für sehr kleine Werte des Stabwiderstands ($R \to 0$) das Ergebnis für v_e nicht richtig sein kann. Erläutern Sie den dafür verantwortlichen Grund.

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 Winkelfrequenz ω angelegt, auf der rechten Seite erhält man die Ausgangsspannung U_a. Die komplexe Übertragungsfunktion ist dann gegeben durch

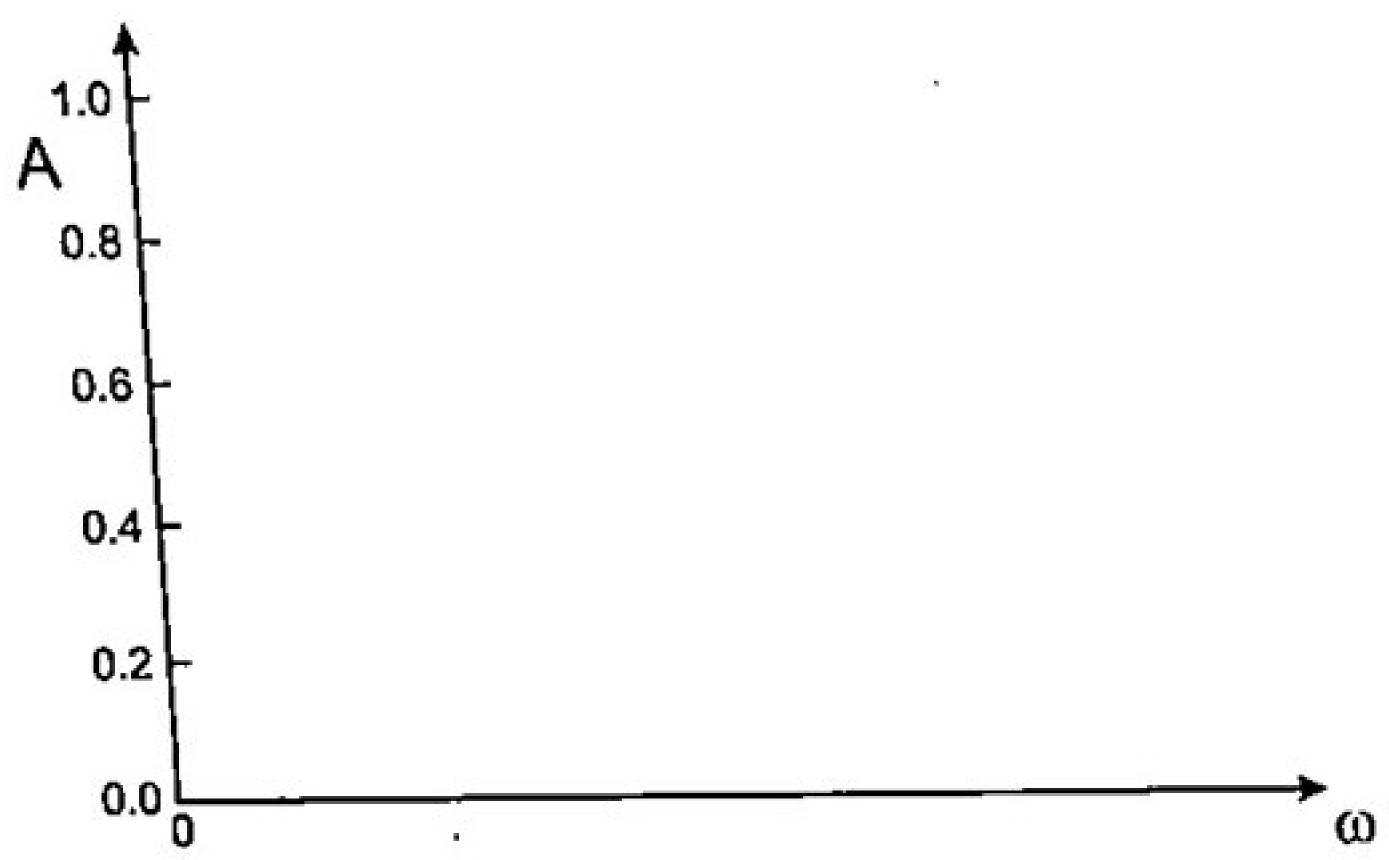


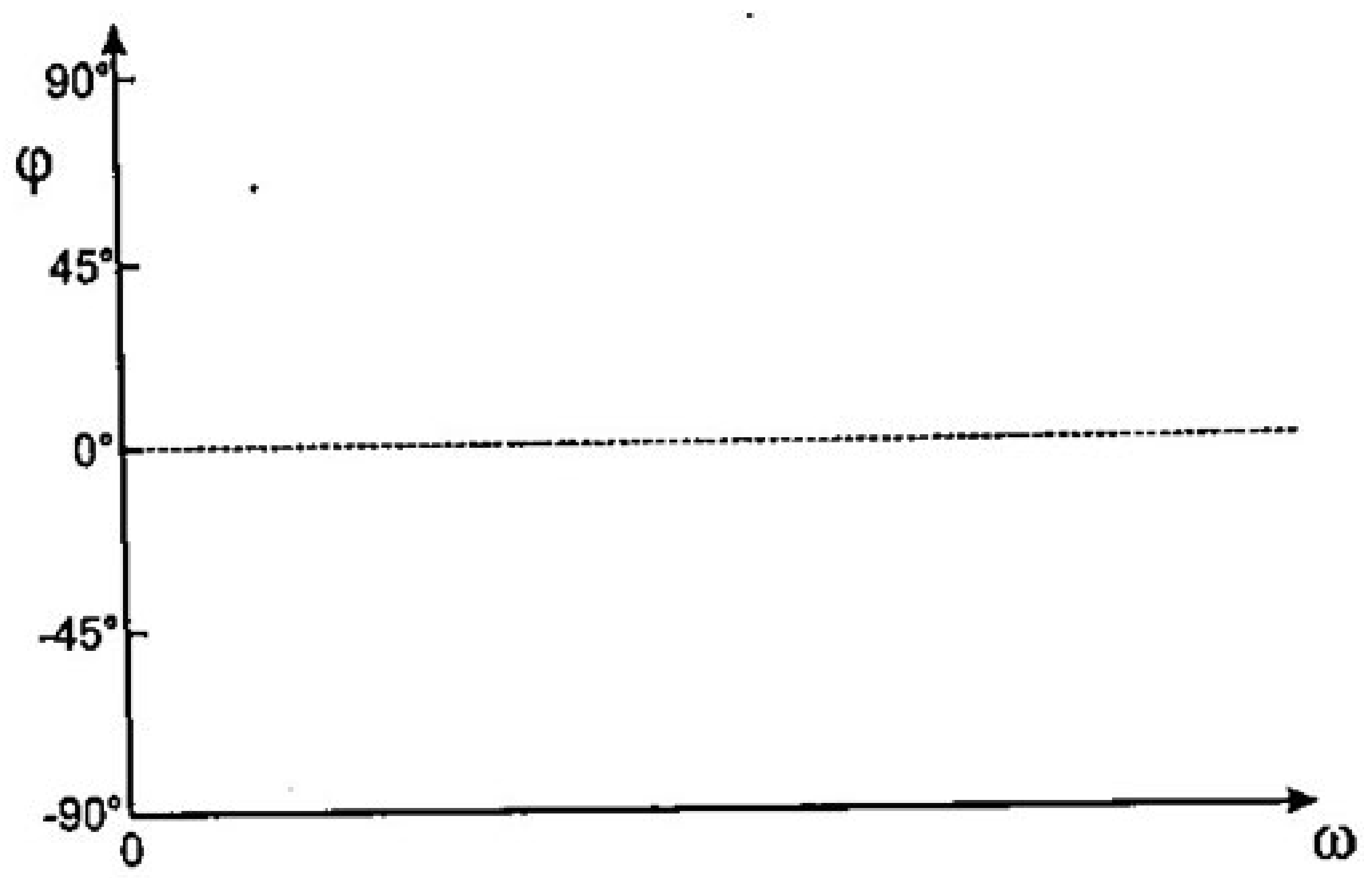
$$\underline{A}(\omega) = \frac{U_a}{U_e} = A\,\mathrm{e}^{i\varphi}$$

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

a) Leiten Sie die Ausdrücke für A und φ als Funktion der gegebenen Größen ab.

b) Bestimmen Sie den Verlauf von $A(\omega)$ und $\varphi(\omega)$. Berechnen Sie dazu die Grenzwerte für $\omega \to 0$ und $\omega \to \infty$ sowie die Frequenzen von Extrema und Nullstellen. Skizzieren Sie schließlich $A(\omega)$ und $\varphi(\omega)$ mit Hilfe der vorgegebenen Diagramme.





Aufgabe 5: **(12 Punkte)**

In einer langen Zylinderspule (Windungszahl N, Länge l, Radius $R \ll l$) mit vernachlässigbarem ohmschen Widerstand fließt ein zeitlich wachsender Strom $I(t) = \gamma\, t$, der im Inneren der Spule ein homogenes Magnetfeld $H(t) = I(t)\, N/l$ mit Richtung entlang der Zylinderachse (positive z-Richtung) erzeugt.

a) Berechnen Sie Richtung und Betrag des vom Abstand r zur Achse abhängigen induzierten elektrischen Felds $\vec{E}(r,t)$ im Inneren der Spule.

b) Bestimmen Sie Richtung und Betrag der Energieflussdichte $\vec{S}(t)$ innerhalb der Spule sowie die durch die Oberfläche der Spule hindurchtretende Leistung $P(t)$.