Karlsruher Institut für Technologie

WS 22/23

Klassische Theoretische Physik III (Theorie C)

Vorlesung: Prof. Dr. K. Melnikov – Übung: Dr. R. Haindl

Übungsblatt 9

Ausgabe: 19.12.2022 – Abgabe: 9.1.2023 12:00

Saalübung: 10.1.2023 – Tutorium: 11.1.2023

Für dieses Übungsblatt werden insgesamt 15 Punkte verteilt. Bei 10 Punkten zählt das Übungsblatt als vollständig gelöst. Jegliche Punkte darüber hinaus zählen als Bonuspunkte für den Übungsschein.

Aufgabe 1: Kräfte auf Dielektrika (4 Punkte)

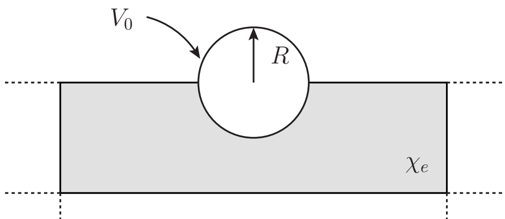

Abbildung 1: Leitende Kugel mit Radius R wird auf dem Potential V_0 gehalten. Sie befindet sich in einem linearen dielektrischen Material mit Suszeptibilität χ_e

Eine leitende Kugel mit Radius R wird auf dem Potential V_0 gehalten. Sie befindet sich zur Hälfte in einem linearen dielektrischen Material mit Suszeptibilität χ_e, welches das Gebiet $z < 0$ ausfüllt (siehe Abbildung 1). Im Folgenden werden wir die Behauptung beweisen, dass das Potential überall genau dasselbe ist wie in Abwesenheit des Dielektrikums.

(a) Schreiben Sie das gesuchte Potential $V(r)$ der Kugel in Abhängigkeit von V_0, R und r, in der Annahme, dass das Dielektrikum keine Rolle spielt. Berechnen Sie das darausfolgende elektrische Feld $\vec{E}$.

(b) Bestimmen Sie die Polarisation und die gebundene Ladungsverteilung der Kugel.

(c) Bestimmen Sie die Verteilung der freien Ladungen auf der Kugel, in dem Sie argumentieren, dass die Gesamtladung gleichförmig sein muss damit V die nötige Kugelsymmetrie aufweist.

(d) Zeigen Sie, dass die gesamte Ladungsverteilung tatsächlich das Potential $V(r)$ hervorruft.

(e) Wenden Sie den Eindeutigkeitssatz aus dem letztem Übungsblatt an und argumentieren Sie, dass das Potential $V(r)$ die eindeutige Lösung dieses Problems ist.

Aufgabe 2: Elektron in E- and B-Feldern (3 Punkte)

Betrachten Sie eine Umgebung mit einem elektrischen Feld, welches entlang der z-Achse gerichtet ist, und einem magnetischen Feld, welches entlang der x-Achse gerichtet ist. Ein Elektron mit Ladung q und Masse m wird zum Zeitpunkt $t = 0$ im Ursprung freigesetzt. Berechnen Sie den Verlauf der Bahn des Elektrons als Funktion der Zeit t, wenn das Elektron folgende Anfangsgeschwindigkeit hat:

(a) $\vec{v} = \vec{0}$,

(b) $\vec{v} = (0, E/(2B), 0)$,

(c) $\vec{v} = (0, E/B, E/B)$.

Wir betrachten jetzt die Situation, wo das Elektron sich mit der Geschwindigkeit v nur entlang der y-Achse bewegt.

(d) Bestimmen Sie die Anfangsgeschwindigkeit, sodass sich das Elektron auf einer Bahn entlang der y-Achse bewegt.

(e) Wir schalten das elektrische Feld nun aus und das Elektron fängt an sich auf einer kreisförmigen Bahn zu bewegen. Berechnen Sie den Radius R dieser kreisförmigen Bahn.

Aufgabe 3: Kraft auf einer Drahtschleife (3 Punkte)

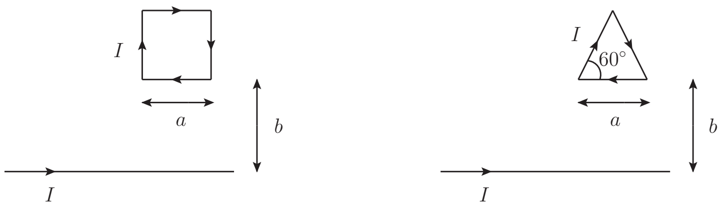

Abbildung 2: Ein unendlich langer Draht mit zwei verschiedenen Drahtschleifen.

Betrachten Sie einen unendlich langen Draht mit Strom I. Eine geschlossene Drahtschleife mit dem selben Strom wird im Abstand b zum unendlich langen Draht gelegt, siehe Abbildung 2. Berechnen Sie die Kraft (Wert und Richtung), die auf die Drahtschleife wirkt, wenn

(a) die Schleife die Form eine Quadrats mit Seitenlänge a hat,

(b) die Schleife die Form eines gleichseitigen Dreiecks mit Seitenlänge a hat.

Aufgabe 4: Zylinderspule (2 Punkte)

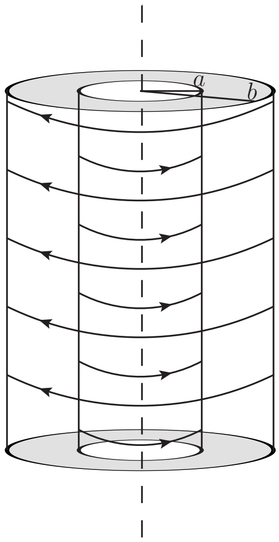

Abbildung 3: Zwei sehr lange koaxiale Zylinderspulen.

Wir betrachten ein System von zwei sehr langen koaxialen Zylinderspulen, die jeweils den Strom I in entgegengesetzte Richtungen tragen, siehe Abbildung 3. Die innere Spule hat den Radius a und n_1 Umdrehungen pro Einheitslänge. Die äußere Spule hat den Radius von b und n_2 Umdrehungen pro Einheitslänge. Berechnen Sie das Magnetfeld in den folgenden drei Regionen,

(a) innerhalb der inneren Spule,

(b) zwischen der inneren and äußeren Spule,

(c) außerhalb der äußeren Spule.

Aufgabe 5: Vektorpotential (3 Punkte)

Wir betrachten einen unendlich langen Draht mit dem Strom I.

(a) Bestimmen Sie das Vektorpotential $\vec{A}$ bei einer Distanz r vom Draht entfernt und bestätigen Sie, dass $\vec{\nabla} \cdot \vec{A} = 0$ und $\vec{\nabla} \times \vec{A} = \vec{B}$ gelten.

Betrachten Sie jetzt den Fall, wo der Draht einen Radius R hat und nehmen Sie an, dass der Strom gleichmäßig verteilt ist.

(b) Bestimmen Sie das Vektorpotential innerhalb und außerhalb des Drahts.