

Name:

Matr. Nr.:

Gruppen-Nr.:

ELEKTRODYNAMIK I – 2. schriftlicher Test 19. 6. 2015

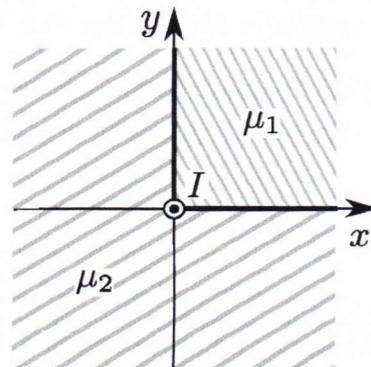
1. Theorie (50 Punkte)

- (a) Wie lauten die Grundgleichungen der Magnetostatik im Vakuum?
Geben Sie eine Integraldarstellung der allgemeinen Lösung bei natürlichen Randbedingungen über das Vektorpotential in Coulomb-Eichung an.
Verwenden Sie diese, um einen Integralausdruck für die magnetostatische Feldenergie herzuleiten, der nur von den Stromdichten abhängt, und spezialisieren Sie diesen auf ein System von geschlossenen Leiterschleifen.
Identifizieren Sie darin die Selbst- und Gegeninduktionskoeffizienten. [20]
- (b) Wie lauten die phänomenologischen Maxwell-Gleichungen für den Fall allgemeiner elektrischer und magnetischer Polarisationsfelder. Spezialisieren Sie dann auf lineare isotrope nicht-leitende Medien mit Materialkonstanten ϵ und μ .
Unter welchen Voraussetzungen lassen sich in Anwesenheit von Medien Energie- und Impulssätze aufstellen?
Wie lautet explizit die differentielle Form des Energiesatzes, wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind? [18]
- (c) Welche Form haben die elektromagnetischen Felder einer ebenen monochromatischen Welle, wenn ein komplexer Amplitudenvektor \mathbf{E}_0 gegeben ist? Wann ist die Polarisation eine lineare, was ist sie im Allgemeinen? [5]
- (d) Leiten Sie aus der Lorentz-Invarianz des durch die Minkowski-Metrik definierten Wegelementes die Eigenzeit entlang einer beliebigen Weltlinie her, ausgedrückt durch die Geschwindigkeiten bezüglich eines festen Inertialsystems S. Geben Sie einen Integralausdruck für die Eigenzeit an, die für ein gegebenes Zeitintervall in S anfällt. [7]

2. Stromleiter zwischen Räumen mit μ_1 und μ_2 (25 Punkte)

Der Quadrant mit $x > 0$ und $y > 0$ habe Permeabilität μ_1 und der Rest des Raumes die Permeabilität μ_2 . Bei $x = y = 0$ befindet sich ein unendlich dünner gerader Leiter, in dem ein zeitlich konstanter Strom I in die positive z -Richtung fließt (siehe Skizze).

(BITTE WENDEN)



- (a) (8 Punkte) Schreiben Sie die Feldgleichungen in den zwei Gebieten mit Permeabilitäten μ_1 und μ_2 an, sowie die Anschlußbedingungen an den Grenzflächen $x = 0, y > 0$ und $x > 0, y = 0$.
- (b) (10 Punkte) Benutzen Sie die Bildstrommethode und schreiben Sie einen Ansatz für die zwei Gebiete hin, wobei der effektive Bildstrom jeweils entlang der z -Achse gewählt werden soll. Werten Sie die Anschlußbedingungen aus. Integrieren Sie das \vec{H} -Feld z.B. entlang eines Kreises mit konstantem Radius um die z -Achse und bestimmen Sie die Lösung für die Bildströme.
- (c) (3 Punkte) Zeigen Sie, dass die Magnetisierungs-Flächenstromdichte \vec{k}_M an den Grenzflächen $x = 0, y > 0$ und $x > 0, y = 0$ verschwindet.
- (d) (4 Punkte) Berechnen Sie die Magnetisierungsstromdichte $\vec{j}_M = I_M \delta(x) \delta(y) \vec{e}_z$, indem Sie z.B. die Magnetisierung \vec{M} entlang eines Kreises mit konstantem Radius um die z -Achse integrieren.

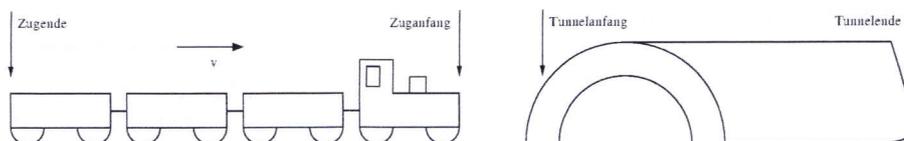
3. Zug im Tunnel (25 Punkte)

Ein Zug der Ruhelänge Z_0 bewege sich mit der Geschwindigkeit v entlang der (positiven) x -Richtung durch einen Tunnel der Ruhelänge L_0 . Sei S das Ruhesystem des Tunnels und S' das Ruhesystem des Zuges. Das Ereignis A : "Zuganfang trifft auf Tunnelanfang" finde in S zum Raumzeit-Punkt¹ $x_A^\mu = (ct_A, x_A)^T = (0, 0)^T$ statt.

- (a) (8 Punkte) Berechnen Sie die Raumzeit-Koordinaten der folgenden Ereignisse im Ruhesystem S des Tunnels in Abhängigkeit von (Z_0, L_0, v) :
- B : "Zugende trifft auf Tunnelanfang"
- C : "Zuganfang trifft auf Tunnelende"
- D : "Zugende trifft auf Tunnelende"

Konkret sei nun $Z_0 = 200m$ und $L_0 = 160m$ und somit die Ruhelänge des Zuges größer als die des Tunnels.

- (b) (4 Punkte) Ein Beobachter in S stellt fest, dass die Ereignisse B und C gleichzeitig stattfinden. Berechnen Sie für diesen Fall die Geschwindigkeit v des Zuges.
- (c) (10 Punkte) Betrachten Sie nun das Ruhesystem S' des Zuges und v wie in (b) berechnet. Bestimmen Sie die Raumzeit-Koordinaten der Ereignisse $A \dots D$ in S' . Geben Sie die zeitliche Abfolge der vier Ereignisse in S' an.
- (d) (3 Punkte) Gibt es eine Geschwindigkeit \tilde{v} des Zuges, sodass die Ereignisse B und C im System S' gleichzeitig sind?²



¹Die y - und z -Komponenten sind für das Problem irrelevant und können weggelassen werden.

²JA/NEIN genügt **nicht** als Antwort! Begründen Sie Ihre Aussage.