

Aufgabe 1: Experiment

(5 Punkte)

Hier könnte Ihr Experiment stehen

Aufgabe 2: Kurzfragen

(19 Punkte)

Beantworten Sie so kurz wie möglich:

i) 3 P. Nennen Sie die Kontinuitätsgleichung und erläutern Sie diese.

ii) 3 P. Nennen Sie die vier Maxwell-Gleichungen und erläutern Sie diese. Welche fundamentale Gleichung ist nicht mehr erfüllt, wenn der Verschiebungsstrom nicht beachtet wird?

iii) 2 P. Erläutern Sie den Gaußschen und Stoke'schen Integralsatz und geben Sie beide in Formeln an

iv) 2 P. Was ist die Lorentz-Transformation? Was bedeutet Lorentz-Invarianz? Sind die Maxwell-Gleichungen lorentzinvariant?

v) 3 P. Der klassische harmonische Oszillator verhält sich formal wie der elektromagnetischen Schwingkreis. Dabei müssen jedoch Ersetzungen vorgenommen werden. Was entspricht den Federn, Massen und Reibungswiderständen beim harmonischen Oszillator im Falle des elektromagnetischen Schwingkreises?

vi) 2 P. Was besagt das Fermatsche Prinzip?

vii) 2 P. Was versteht man unter Eichfreiheit? Was ist die Coulombbeziehung?

viii) 2 P. Was besagt die Abbildungsgleichung einer dünnen Linse mit Brennweite f ?

Aufgabe 3: Yukawa-Potenzial

(6 Punkte)

In der Quantenmechanik ist es sinnvoll anstelle des Coulomb-Potenzials das sogenannte Yukawa-Potenzial zu betrachten, da dieses nicht bei $r \rightarrow 0$ divergiert. Physikalisch gesehen treten solche Potenziale in Feldtheorien auf, wie bei massiven Skalarfeldern. Das Yukawa-Potenzial ist gegeben durch

$$\Phi(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^{-\frac{r}{r_0}}}{r} \quad (1)$$

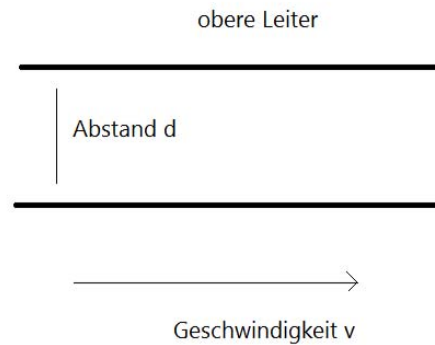
wobei r_0 eine Konstante ist.

- i) 2 P. Berechnen Sie das elektrische Feld als Funktion des Radius
- ii) 2 P. Berechnen Sie die Ladungsdichte als Funktion des Radius
- iii) 2 P. Bestimmen Sie die Ladung Q_0 die von einer geschlossenen Kugel mit dem Radius $a \ll r_0$ eingeschlossen wird

Aufgabe 4: Relativistische Drähte

(6 Punkte)

Zwei unendliche lange und infinitesimal dünne Leiter mit der Linienladungsdichte λ sind im Ruhesystem parallel im Abstand d positioniert. Die beiden Leiter bewegen sich mit der Geschwindigkeit \vec{v} . Die Geschwindigkeit kann nahe der Lichtgeschwindigkeit c sein.



- i) 2 P. Betrachte den Fall wo sich die beiden Leiter in Ruhe befinden. Wie groß ist die elektrische Kraft pro Längeneinheit, welche auf obere Leiter aufgrund des unteren Leiters wirkt? Geben Sie auch die Richtung an.
- ii) 2 P. Betrachten Sie nun den Fall, dass sich die beiden Leiter bezüglich des Ruhesystems bewegen, wie in der Abbildung beschrieben. Wie groß ist die elektrische Kraft pro Längeneinheit die auf den oberen Leiter im Ruhesystem wirkt? Geben Sie auch die Richtung an.
- iii) 1 P. Wie groß ist die magnetische Kraft pro Längeneinheit im Ruhesystem, welche auf den oberen Leiter wirkt? Geben Sie auch die Richtung an.
- iv) 1 P. Gebe einen Ausdruck für die Gesamtkraft an, welche auf den oberen Leiter wirkt. Gibt es eine Geschwindigkeit v_c bei der sich die Kraft auf Null reduziert?

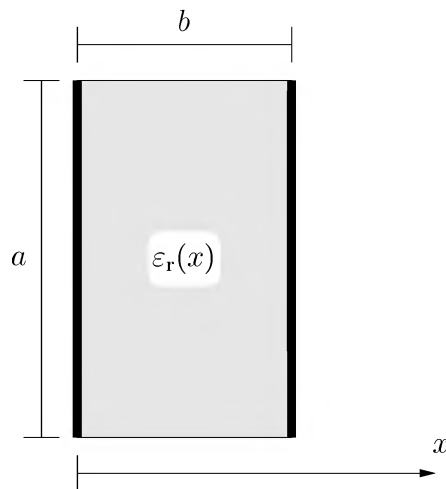
Aufgabe 5: Plattenkondensator

(6 Punkte)

In einem Plattenkondensator mit der Plattenfläche a und dem Plattenabstand b befindet sich ein Dielektrikum mit der ortsabhängigen Permittivitätszahl

$$\epsilon_r(x) = 1 + \alpha x \quad (2)$$

wobei $\alpha > 0$ und konstant sei.

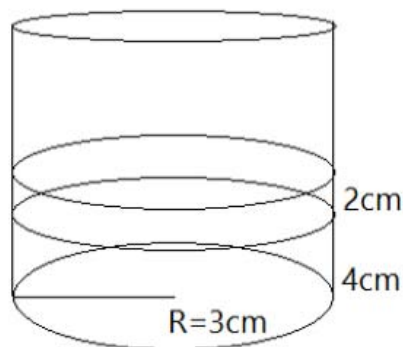


- i) 2 P. Berechnen Sie die elektrische Flussdichte $\vec{D}(\vec{r})$ im Dielektrikum
- ii) 2 P. Berechnen Sie das elektrische Feld $\vec{E}(\vec{r})$
- iii) 1 P. Berechnen Sie die elektrische Polarisation $\vec{P}(\vec{r})$
- iv) 1 P. Wie groß ist die Kapazität C des Kondensators?

Aufgabe 6: Lichtbrechung

(6 Punkte)

Eine 2cm dicke Wasserschicht mit $n = 1.33$ steht in einem zylindrischen Glasgefäß mit dem Radius $R = 3\text{cm}$ über einer 4cm dicken Schicht aus Tetrachlorkohlenwasserstoff mit $n = 1.46$.



- 3 P. Wie groß ist der maximale Winkel α_m gegen die Normale, unter dem man noch den Mittelpunkt des Gefäßbodens sehen kann?
- 3 P. Wie groß muss R sein, damit $\alpha_m = 90^\circ$ wird?

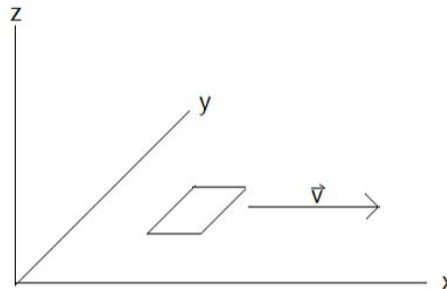
Aufgabe 7: Statisches Magnetfeld

(6 Punkte)

In der unten angegebenen Abbildung existiert ein statisches magnetisches Feld von der Form

$$\vec{B}(x) = Bx\vec{e}_z \quad (3)$$

Das magnetische Feld \vec{B} zeigt somit in z -Richtung und wird in x -Richtung stärker. Eine unverformbare, quadratische Leiteranordnung mit der Seitenlänge ℓ liege in der xy -Ebene, wobei sich der Mittelpunkt bei den Koordinaten $(x_0, y_0, z_0 = 0)$ befinde.

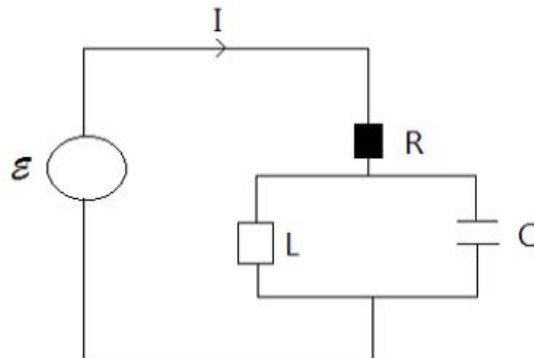


- i) 2 P. Berechnen Sie den magnetischen Fluss durch die Leiterschleife, wenn die Flächeneinheitsnormale in z -Richtung zeigt.
- ii) 2 P. Nehmen Sie nun an, dass sich die Leiterschleife mit der konstanten Geschwindigkeit $\vec{v} = v_0\vec{e}_x$ bewegt. Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung
- iii) 1 P. Angenommen die Leiterschleife habe einen Widerstand R und eine Selbstinduktivität L . Berechnen Sie den durch die Leiterschleife fließenden Strom, nachdem dieser lange Zeit (verglichen zu L/R) mit konstanter Geschwindigkeit $\vec{v} = v_0\vec{e}_x$ bewegt worden ist.
- iv) 1 P. Berechnen Sie die magnetische Kraft die auf die Leiteranordnung wirkt, nachdem diese lange Zeit mit der Geschwindigkeit $\vec{v} = v_0\vec{e}_x$ bewegt worden ist.

Aufgabe 8: Wechselstrom

(6 Punkte)

Wir betrachten im folgenden den unten abgebildeten Stromkreis. Dieser sei mit einer Wechselstromquelle verbunden, wobei $\epsilon = V_0 \sin(\omega t)$ gilt.



- i) [2 P.] Was ist die komplexe Impedanz der im Schaltkreis verbauten Elemente R , L und C ? Drücken Sie Ihr Ergebnis in Real- und Imaginärteil aus.
- ii) [2 P.] Wie groß ist der Strom I , der durch den Schaltkreis fließt? Geben Sie auch einen Ausdruck für den Phasenwinkel an.
- iii) [2 P.] Beschreiben Sie das Verhalten der Phasenverschiebung und des Stroms bei hohen und niedrigen Frequenzen.