Sektion Physik der Univ. München Sommersemester 2002

Prof. Dr. W. Stocker, Dr. S. Heinemeyer

Klausur 1 zu TL III (Elektrodynamik und Optik)

`www.theorie.physik.uni-muenchen.de/~heinemeyer/uni/uebungen/2002edyn`

1. Stokes'scher Satz

   Gegeben sei in cartesischen Koordinaten das Dreieck Δ mit den Eckpunkten $a = (0,0,0)$, $b = (2,0,0)$, $c = (0,1,0)$, sowie das Vektorfeld $\vec{Y} = (3xy, xy, 2)$. Verifizieren sie den Stokes'schen Satz, indem sie beide Seiten der Gleichung

   $$\int_{C_\Delta} \vec{Y} \cdot d\vec{l} = \int\int_{A_\Delta} \left(\nabla \times \vec{Y}\right) \cdot d\vec{a}$$

   berechnen. [10]

2. Potential

   Eine Punktladung q befinde sich bei $(-a,0,0)$ mit $a > 0$. Eine weitere Punktladung $-2q$ befinde sich bei $(a,0,0)$. Wo verschwindet das Gesamtpotential? (Es gelte für das Potential: $\Phi(\infty) = 0$.) [10]

3. Kugelsymmetrische Ladung und $\vec{E}$-Feld

   Berechnen sie für die Ladungsdichte

   $$\begin{aligned} \rho &= \rho_0 \left(1 - r^2/a^2\right) \quad (r \leq a) \\ &= 0 \qquad\qquad\qquad\quad (r > a) \end{aligned}$$

   (mit ρ_0 und a konstant) die Gesamtladung Q und das $\vec{E}$-Feld. [10]

4. Dipolmoment

   Berechnen sie das Dipolmoment $\vec{P}$ für eine Kugel mit Radius a und der Flächenladungsdichte $\sigma = \sigma_0 \cos\theta$ (θ ist der Polarwinkel). Geben sie zuerst an, welche Komponente(n) von $\vec{P}$ aus Symmetriegründen null sein müssen und berechnen sie anschließend die verbleibende(n) Komponente(n). [10]

5. Dielektrizitätskonstante

   Ein Plattenkondensator mit Plattenabstand s (entlang der z-Achse) sei mit einem Dielektrikum gefüllt. Dessen relative Dielektrizitätskonstante (rDEK) ε ändere sich linear mit dem Abstand von der einen Platte zur anderen. Der Wert der rDEK auf der ersten Platte sei ε_1, der auf der zweiten sei ε_2. Auf den Platten befinden sich Ladungen mit Ladungsdichten $+\sigma$ bzw. $-\sigma$. Bestimmen sie zunächst die Funktion $\varepsilon(z)$ (Hinweis: Wie lautet das $\vec{D}$-Feld?). Daraus ergibt sich sofort das $\vec{E}$-Feld im Kondensator. Bestimmen sie daraus nun die Kapazität pro Flächeneinheit. [10]

6. Skalares und Vektorpotential

   a) Gegeben sei $\vec{E} = (yz, xz, xy)$. Gibt es dazu ein (mehrere) Potential(e)? Falls ja, bestimmen sie eines davon. [5]

   b) Gegeben sei $\vec{B} = B_0 \vec{e}_\phi$ (in Zylinderkoordinaten). Wie lautet ein dazugehöriges Vektorpotential? [5]

7. $\vec{B}$- und $\vec{A}$-Feld eines Leiters

   Gegeben sei ein sehr langer Hohlzylinder mit dem inneren Radius a und dem äußeren Radius b. Durch diesen Zylinder fließe ein gleichmäßig über den Querschnitt verteilter Strom I. Berechnen sie das Magnetfeld $\vec{B}$ sowie dazu ein Vektorpotential $\vec{A}$. [15]

8. Induzierte Spannung

   Eine feste, ebene Leiterschleife mit Flächennormale $\vec{e}_z$ und der Fläche S werde von einem zeitlich veränderlichen $\vec{B}$-Feld durchsetzt. Das $\vec{B}$-Feld ist gegeben durch $\vec{B}(t) = \vec{B}_0 \sin(\omega t)$ (mit $\vec{B}_0$ und ω konstant). Berechnen sie die in der Schleife induzierte Spannung. Was ändert sich, wenn die Schleife durch eine Spule mit Windungszahl n ersetzt wird? [5]

9. Eichtransformation

   Gegeben sei das Vektorpotential $\vec{A} = (xy, yz, zx)$. Erfüllt es die Coulomb-Eichung $\nabla \cdot \vec{A} = 0$? Führen sie eine Eichtransformation, $\vec{A} \to \vec{A}'$, durch, so dass $\vec{A}'$ die Coulomb-Eichung erfüllt. [10]

Hinweis: in Zylinderkoordinaten (ρ, ϕ, z) gilt:

$$\nabla \times \vec{F} = \vec{e}_\rho \left(\frac{1}{\rho} \partial_\phi F_z - \partial_z F_\phi \right) + \vec{e}_\phi \left(\partial_z F_\rho - \partial_\rho F_z \right) + \vec{e}_z \frac{1}{\rho} \left(\partial_\rho (\rho F_\phi) - \partial_\phi F_\rho \right) .$$