Prof. Dr. J. Kühn (Theoretische Teilchenphysik)
Dr. S. Uccirati (Theoretische Teilchenphysik)

Abgabe: Montag, 21.12.2009, 9:30 Uhr
Besprechung: Dienstag, 22.12.2009

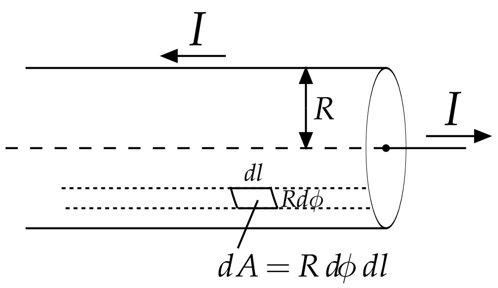
Name: ....

Bitte die Gruppe ankreuzen und dieses Blatt mit abgeben (bitte tackern):

☐ Gruppe 1 Bierweiler Anastasia	☐ Gruppe 7 Husnik Martin	☐ Gruppe 13 Rogal Mikhail
☐ Gruppe 2 Davidkov Momchil	☐ Gruppe 8 Kleine Jonas	☐ Gruppe 14 Rzehak Heidi
☐ Gruppe 3 Gansel Justyna	☐ Gruppe 9 Marquard Peter	☐ Gruppe 15 Schnitter Karsten
☐ Gruppe 4 Gerhard Lukas	☐ Gruppe 10 Prausa Mario	☐ Gruppe 16 Wayand Stefan
☐ Gruppe 5 v.Hodenberg Janine	☐ Gruppe 11 Redlof Martin	
☐ Gruppe 6 Hofer Lars	☐ Gruppe 12 Rittinger Jörg	

Aufgabe 1: Koaxialkabel — 2 Punkte

Ein Koaxialkabel besteht schematisch aus einem dünnen geraden Leitungsdraht und aus einem hohlzylindrischen Außenleiter (mit Radius R), dessen Achse auf dem Leitungsdraht liegt. Der gleiche Strom I fließt in einer Richtung im Leitungsdraht und in der Gegenrichtung im Außenleiter. Welche Kraft per Oberflächeeinheit $d\vec{F}/dA = d\vec{F}/(R\,d\phi\,dl)$ wirkt auf den Außenleiter?



Aufgabe 2: g-Faktor einer Kugel — 4 Punkte

Berechnen Sie den g-Faktor einer rotierenden geladenen Kugel (Radius R, konstante Winkelgeschwindigkeit ω) mit homogen verteilter Masse M und mit folgender Ladungsverteilung:

(bitte wenden)

i) die Ladung Q ist in der Kugel homogen verteilt. *1P*

ii) nur die Oberfläche ist geladen mit homogen verteilter Ladung Q. *3P*

Hinweis Der g-Faktor g eines rotierenden geladenen Objekts ist definiert durch

$$\vec{m} = g\,\frac{Q}{2\,M}\,\vec{L},$$

wobei Q die Ladung und M die Masse ist. Das magnetische Moment $\vec{m}$ und der Drehimpuls $\vec{L}$ sind gegeben durch

$$\vec{m} = \frac{1}{2}\int_V d^3\vec{x}\;\vec{x}\times\vec{j}(\vec{x}) = \frac{1}{2}\int_V d^3\vec{x}\;\rho\,\vec{x}\times\vec{v}(\vec{x}), \qquad \vec{L} = \int_V d^3\vec{x}\;\rho_M\,\vec{x}\times\vec{v}(\vec{x}),$$

wobei ρ die Ladungsdichte und ρ_M die Massendichte ist. Die Stromdichte lässt sich durch $\vec{j}(\vec{x}) = \rho\,\vec{v}(\vec{x})$ schreiben, wobei $\vec{v}(\vec{x})$ die Geschwindigkeit des Volumenelementes $d^3\vec{x}$ ist.

Aufgabe 3: Faradaysches Gesetz — 2 Punkte

Betrachten Sie eine geschlossene kreisförmige Leiterschleife (mit Radius R und Zentrum im Ursprung), die sich zum Zeitpunkt $t = 0$ in der Ebene $y = 0$ befindet. Zusätzlich herrscht ein homogenes Magnetfeld $\vec{B} = B_0\,(0, 1, 0)$. Die Leiterschleife rotiere nun mit der Winkelgeschwindigkeit ω um die z-Achse. Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung in Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit ω.

Aufgabe 4: Elektromagnetische Wellen — 4 Punkte

Elektrisches Feld und Magnetfeld seien in der Form

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \sin(\vec{k}\cdot\vec{r} - \omega t), \qquad \vec{B}(\vec{r}, t) = \frac{1}{\omega}(\vec{k}\times\vec{E}_0)\sin(\vec{k}\cdot\vec{r} - \omega t)$$

mit $\vec{E}_0\cdot\vec{k} = 0$, $\omega = ck$, $k = |\vec{k}|$ vorgegeben.

i) Zeigen Sie, dass dies für $\rho = 0, \vec{j} = 0$ wirklich Lösungen der vier Maxwell-Gleichungen sind. *2P*

ii) Finden Sie für diese Felder (zeitabhängige) Potentiale $\vec{A}$ und ϕ mit *2P*

$$\vec{B} = \vec{\nabla}\times\vec{A}, \qquad \vec{E} = -\vec{\nabla}\phi - \frac{\partial\vec{A}}{\partial t},$$

welche sowohl die Lorentz-Eichung $\vec{\nabla}\vec{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial\phi}{\partial t} = 0$ als auch die Coulomb-Eichung $\vec{\nabla}\vec{A} = 0$ erfüllen.