

ÜBUNGEN ZUR THEORETISCHEN PHYSIK C FÜR  
LEHRAMTSKANDIDATEN / MODERNE THEORETISCHE PHYSIK  
FÜR METEOROLOGEN UND GEOPHYSIKER

BLATT 5

Prof. Dr. F.R. Klinkhamer; Dr. S.Thambyahpillai

Abgabe: 24. 11. 10

Institut für Theoretische Physik

Besprechung: 26. 11. 10

Name: .....

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

 Gruppe 1  
Wolfgang Hollik

 Gruppe 2  
Ramona Gröber

\*

## Aufgabe 1: Draht im Hohlzylinder

4

Ein unendlich langer, gerader Draht mit kreisförmigem Querschnitt (Radius  $a$ ), Leitfähigkeit  $\sigma$ , Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  und Permeabilität  $\mu$  wird von einem homogenen Strom  $I$  durchflossen. Die Rückleitung des Stroms erfolgt durch einen coaxialen Hohlzylinder mit innerem Radius  $b$  und äußerem Radius  $c \rightarrow \infty$  (sowie ebenfalls Leitfähigkeit  $\sigma$ , Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  und Permeabilität  $\mu$ ).

- i) Berechnen Sie die Felder  $\vec{B}$  und  $\vec{H}$  im Draht, im Zylinder und im Zwischenraum. 2P  
[Hinweis: Die Koordinaten seien so gewählt, daß die Achse von Draht und Zylinder mit der  $z$ -Achse zusammenfällt. Benützen Sie die Gleichung

$$\int_{\partial A} \vec{H} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int_A \vec{j} d\vec{f},$$

wobei zum Beispiel  $\vec{j} = \frac{I}{\pi a^2} \vec{e}_z$  die Stromdichte im Draht ist. Weiters ist die Fläche  $A$  eine Kreisscheibe mit Radius  $\rho$  um die  $z$ -Achse. Aus Symmetriegründen gilt  $\vec{H} \sim \vec{e}_\phi$ .]

(bitte wenden)

ii) Im Leiter gilt  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ . Geben Sie das elektrische Feld im Draht und im Zylinder an. 1P

iii) Das elektrostatische Potential und das elektrische Feld im Zwischenraum sind gegeben durch 1P

$$\Phi = \frac{1}{\pi a^2 \sigma} \frac{\ln(\rho/b)}{\ln(b/a)} z,$$

und

$$\vec{E} = -\nabla\Phi = (-\partial_\rho \vec{e}_\rho - \partial_z \vec{e}_z)\Phi = -\frac{I}{\pi a^2 \sigma \ln(b/a)} \left( \frac{z}{\rho} \vec{e}_\rho + \ln \frac{\rho}{b} \vec{e}_z \right).$$

Bestimmen Sie den Energiefluß im Zwischenraum und im Inneren des Drahtes, insbesondere die Energie, die pro Längeneinheit durch die Oberfläche ins Drahtinnere fließt.

#### Aufgabe 2: SI- und cgs- Einheiten

2

Bestimmen Sie die Maxwell-Gleichungen für  $\vec{E}$  und  $\vec{B}$  und die Gleichung der Lorentzkraft in SI-Einheiten. Bestimmen Sie die Gleichungen des Poyntingvektors und der Energiedichte in SI-Einheiten. Verwenden Sie die Tatsache, daß die Energiedichte dieselbe in beiden Einheitensystemen sein muß, um die Umrechnungsfaktoren der  $\vec{E}$ - und  $\vec{B}$ -Felder zu finden. Überprüfen Sie auch, daß der Poyntingvektor derselbe für beide Einheitensysteme ist.

#### Aufgabe 3: Ebene elektromagnetische Welle

4

Bestimmen Sie das (reelle) elektrische und magnetische Feld einer ebenen elektrischen Welle im Vakuum mit Amplitude  $a$ , Frequenz  $\omega$  und Phasenwinkel Null, die

i) sich in die negative  $y$ -Richtung bewegt und in die  $x$ -Richtung polarisiert ist, 2P

ii) sich in die Richtung des Ortsvektors  $(1, 1, 1)$  bewegt und parallel zur  $x$ - $y$ -Ebene polarisiert ist. 2P

#### Aufgabe 4: Elektromagnetische Welle

2

Das elektrische Feld einer ebenen elektromagnetischen Welle im Vakuum lautet

$$\vec{E} = E_0(\sin(kz - \omega t), 2 \cos(kz - \omega t), 0).$$

Wie lautet das zugehörige magnetische Feld?