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

BLATT 3

Prof. Dr. F.R. Klinkhamer; Dr. S.Thambyahpillai
Institut für Theoretische Physik

Abgabe: 10. 11. 10
Besprechung: 12. 11. 10

Name: ............................................................

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

☐ Gruppe 1
Wolfgang Hollik

☐ Gruppe 2
Ramona Gröber

*

## *Aufgabe 1: Linienladung* 4

Die Gesamtladung $Q$ sei homogen über eine Gerade der Länge $2L$ verteilt.

*i)* Berechnen Sie das elektrostatische Potential dieser Ladungsverteilung. Hinweis: Die Linie soll sich entlang der $x$-Achse von $-L$ bis $L$ erstrecken. Die konstante Linienladungsdichte ist $\sigma = Q/2L$, und die daraus resultierende räumliche Ladungsdichte *2P*

$$\rho = \sigma\delta(y)\delta(z)\theta(L-x)\theta(x+L).$$

*ii)* Diskutieren Sie die Limiten $L \to 0$ und $L \to \infty$ (im zweiten Fall $L \to \infty$ müssen Sie annehmen, daß die Ladung pro Längeneinheit konstant ist). *2P*

## *Aufgabe 2: Energie einer Stromverteilung* 4

Berechnen Sie die magnetische Feldenergie für das Feld einer zeitunabhängigen, lokalisierten Stromdichte $\vec{j}(\vec{x})$. Verwenden Sie $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$. Drücken Sie das Vektorpotential $\vec{A}$ durch die Stromdichte aus und formen Sie die magnetische Feldenergie

$$\frac{1}{8\pi}\int_V d^3x\, \vec{B}(\vec{x})^2\,,$$

*4. November 2010 11:33 Uhr

(bitte wenden)

mittels partieller Integration so um, dass Sie eine der Maxwell-Gleichungen sowie den Gaußschen Satz anwenden können. Integrieren Sie zunächst über ein endliches Volumen und gehen Sie später zum gesamten Raum über.

*Aufgabe 3: Stromdurchflossener Kreisring* 4

*i)* Berechnen Sie die magnetische Flußdichte eines stromdurchflossenen Kreisrings mit Radius $R$ für einen Punkt auf der Achse des Rings im Abstand $z$ vom Mittelpunkt. Diskutieren Sie die Grenzfälle $z \ll R$ und $z \gg R$. [Hinweis: Benutzen Sie das Biot-Savart'sche Gesetz *2P*

$$\vec{B}(\vec{x}) = \frac{I}{c} \int d\vec{x}' \times \frac{\vec{x} - \vec{x}'}{|\vec{x} - \vec{x}'|^3} \,,$$

wobei $\vec{x}'$ den Ort des stromdurchflossenen Leiters und $d\vec{x}'$ das entsprechende Linienelement bezeichnet. Der Kreisring soll in der $x$-$y$-Ebene mit Mittelpunkt im Ursprung gelegen sein. Somit sind wir an $\vec{B}(x = 0, y = 0, z)$ interessiert. Setzen Sie $\vec{x}' = (R\cos\varphi, R\sin\varphi, 0)$, $d\vec{x}' = Rd\varphi(-\sin\varphi, \cos\varphi, 0)$ und $\vec{x} = (0, 0, z)$.]

*ii)* Zwei gleichartige, scheibenförmige Spulen, deren Höhe gegen ihren Radius $R$ vernachlässigbar ist, sind so angeordnet, daß sie die $z$-Achse als gemeinsame Symmetrieachse haben und ihr Abstand gleich $a$ ist. Der Strom in beiden Spulen sei dem Betrag und dem Drehsinn nach gleich. Wie muß $a$ gewählt werden, damit in der Mitte der beiden Spulen auf der $z$-Achse die ersten drei Ableitungen von $\vec{B}$ nach $z$ verschwinden (…Helmholtzspule)? [Hinweis: Verwenden Sie hierzu das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Kreisrings aus dem ersten Aufgabenteil, wenn der Kreisring in einer Ebene liegt, welche sich im Abstand $d$ zur $x$-$y$-Ebene befindet: *2P*

$$\vec{B}(z) = \frac{2\pi I R^2}{c[(z-d)^2 + R^2]^{3/2}} \vec{e}_z \,.$$

Im ersten Aufgabenteil sollten Sie diese Gleichung für $d = 0$ erhalten.]