Institut für Theoretische Physik
C. Ewerz, F. Paccetti Correia

Universität Heidelberg
Sommersemester 2008

7. Übung zur Elektrodynamik

Besprechung der Präsenzaufgaben: 28.05.2008
Abgabe der schriftlichen Aufgaben: 30.05.2008

Die 1. Klausur zur Elektrodynamik findet am Samstag, 31. Mai 2008, um 11 Uhr s. t. in INF 308, HS 1 und 2 statt. Es stehen Ihnen dann 120 Minuten zur Bearbeitung der Klausur zur Verfügung. Bitte bringen Sie (unbeschriebenes) Papier und Schreibgerät sowie einen Lichtbildausweis mit. Es sind keine weiteren Hilfsmittel zugelassen.

P 29 Arbeit im elektrischen Feld, Ladung und Dipol im Quadrupolfeld

(5 Punkte)

Wir betrachten die Bewegung einer Ladung im elektromagnetischen Feld. Die im Zeitelement dt vom Feld an der Ladung geleistete Arbeit dW ist durch die Lorentz-Kraft $\mathbf{F}$ bestimmt,

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{x} = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v}\, dt\,, \tag{1}$$

wobei $\mathbf{v} = d\mathbf{x}/dt$.

(a) Bestimmen Sie diese Arbeit und damit die Leistung für eine Punktladung. Welche Arbeit leistet dabei das magnetische Feld?

(b) Bestimen Sie in analoger Weise die Leistung für eine Ladungsverteilung ρ aus der Kraftdichte der Lorentz-Kraft.

Im Ursprung befinde sich nun ein elektrischer Quadrupol, dessen kartesicher Quadrupoltensor nur drei nichtverschwindende Komponenten habe: $q_{11} = q_{22} = -2$, $q_{33} = 4$ (vergleiche Aufg. 23).

(c) Berechnen Sie die Arbeit, die man leistet, wenn man eine elektrische Ladung Q vom Punkt $(0, 0, \infty)$ zum Punkt $(0, 0, a)$ bringt.

(d) Welche Arbeit leistet man, wenn man einen elektrischen Dipol mit Dipolmoment $\mathbf{p} = p\,\mathbf{e}_3$ auf demselben Weg transportiert?

Hinweis: Das statische elektrische Feld des Quadrupols ist konservativ.

S 30 Helmholtz-Spulen: Kraft auf Dipol (5 Punkte)

In der 1-2-Ebene befinde sich mit Mittelpunkt im Ursprung ein Kreisring mit Radius R aus Draht von vernachlässigbarem Querschnitt, in dem ein Strom der Stärke I fließt. Parallel dazu sei in der Ebene $x_3 = a$ ein zweiter Draht gleicher Form und Größe angebracht, in dem ebenfalls ein Strom der Stärke I in derselben Richtung fließt.

(a) Berechnen Sie die magnetische Induktion im Punkt $(0, 0, a/2)$ in der Mitte zwischen den Ringen.

(b) Wie groß muß man a wählen, damit das Feld in der Mitte möglichst homogen wird?

(c) Bestimmen Sie die Kraft $\mathbf{K}(a)$ auf ein in der Mitte befindliches magnetisches Dipolmoment $\mathbf{m} = m\,\mathbf{e}_3$ für den Fall, daß die Kreisringe *gegensinnig* vom Strom durchflossen werden.

(d) Zeigen Sie, daß $\mathbf{K}(a)$ für das in (b) bestimmte a maximal ist.

Weitere Informationen unter:
http://www.thphys.uni-heidelberg.de/~ewerz/ed08.html