Institut für Theoretische Physik | Universität Heidelberg
Prof. Ulrich Schwarz | Thorsten Erdmann
Theoretische Physik III: Elektrodynamik | Wintersemester 2014/2015

3. Übungsblatt

Ausgabe 04-11-2014 – Abgabe 11/12-11-2014 – Besprechung 18/19-11-2014

1. Aufgabe [2 Punkte]: Elektrischer Fluss eines Elektrons

Ein Elektron mit der Ladung $q = -e$ ruhe im Mittelpunkt eines Würfels. Wie groß ist der Fluss der elektrischen Feldstärke, $\int_{A_i} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$, durch eine der Seitenflächen A_i des Würfels?

2. Aufgabe [3 Punkte]: Energie eines Ionenkristalls

Eine Kette von unendlich vielen äquidistanten (Abstand a) abwechselnd positiven und negativen Punktladungen $\pm q$ ist ein einfaches, eindimensionales Modell für einen Ionenkristall. Berechnen Sie die elektrostatische Energie für eine der Ladungen.

3. Aufgabe [5 Punkte]: Wechselwirkungsenergie zweier Punktladungen

Betrachten Sie zwei Punktladungen q_1 und q_2 an den Orten $\mathbf{r}_1$ bzw. $\mathbf{r}_2$.

(a) Formulieren Sie die Energiedichte $w(\mathbf{r})$ und identifizieren Sie zwei Selbstenergieterme und einen Wechselwirkungsterm. **[2P]**

(b) Integrieren Sie den Wechselwirkungsterm über den gesamten Raum und zeigen Sie, dass dies genau die Wechselwirkungsenergie W zwischen zwei Ladungen ergibt. **[3P]**
HINWEIS: Das Integral kann mit Hilfe der Integrationsvariablen $\mathbf{s} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_1) / |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|$ und des Normalenvektors $\mathbf{n}$ in Richtung $\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$ so umgeschrieben werden, dass es mit den in der Vorlesung eingeführten Integralsätze gelöst werden kann.

4. Aufgabe [10 Punkte]: Elektrostatisches Potential und Feld zweier paralleler Linienladungen

In der Vorlesung ist gezeigt worden, dass das elektrostatische Potential $\phi(\mathbf{r})$ um einen unendlich langen Draht, der die konstante Linienladungsdichte λ trägt und auf der z-Achse liegt, als

$$\phi(\mathbf{r}) = -\lambda \ln\left(x^2 + y^2\right)$$

geschrieben werden kann. Betrachten Sie nun zwei unendlich lange Drähte mit konstanter Linienladungsdichte $+\lambda$ bzw. $-\lambda$, die in der x-z-Ebene liegen und die x-Achse bei $x = \pm a$ schneiden.

(a) Bestimmen Sie das elektrostatische Potential $\phi(\mathbf{r})$. **[2P]**

(b) Zeigen Sie, dass die Äquipotentialflächen Kreiszylinder sind und bestimmen Sie den Mittelpunkt und den Radius der Zylinder für einen gegebenen Wert ϕ_0 des Potentials. **[3P]**

(c) Berechnen Sie das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r})$. Bestimmen Sie mit einer Taylorentwicklung das elektrische Feld für große Entfernungen $x \gg a$. **[3P]**

(d) Stellen Sie mit Hilfe eines geeigneten Computerprogramms die Äquipotentialflächen (bzw. -linien) und das elektrische Feld graphisch dar und bestätigen Sie so, dass die Feldlinien senkrecht auf den Äquipotentialflächen stehen. **[2P]**