



Übungsleiter:

Franziska Hofmann, F.10-09, 439-3516, fhofmann@physik.uni-wuppertal.de

Dr. Timo Karg, F.11-01, 439-3770, karg@physik.uni-wuppertal.de

Dr. Jens Vollinga, D.10-19, 439-2863, vollinga@physik.uni-wuppertal.de

Übungen zur Physik II (SS 2007)

Blatt 5

Die Hausaufgaben werden in der Übungsstunde am 15.05.2007 besprochen.

Hausaufgabe 1: Spezifischer Widerstand (4P)

Die molare Masse von Kupfer ist $M_{\text{Cu}} = 63.5 \text{ g mol}^{-1}$, die Massendichte $\rho_{\text{Cu}} = 8920 \text{ kg m}^{-3}$ und der spezifische Widerstand $\rho = 1.78 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$. Im elektrischen Leiter gibt jedes Kupferatom ein Elektron als freien Ladungsträger ab.

a) Betrachten Sie einen zylinderförmigen Kupferleiter mit Länge $L = 10 \text{ m}$ und Querschnittsfläche $A = 1 \text{ mm}^2$. Berechnen Sie die mittlere Zeit τ zwischen zwei Stößen der Leitungselektronen mit den Atomrümpfen, und die Driftgeschwindigkeit v_d der Leitungselektronen, wenn eine Spannung $U = 100 \text{ mV}$ zwischen den beiden Enden angelegt wird.

b) Berechnen Sie den Widerstand R eines Kupferdrahtes (Länge l_0), dessen Querschnittsfläche A linear mit der Länge zunimmt:

$$A = A_0 + \frac{A_1 - A_0}{l_0} l$$

Hausaufgabe 2: Greensche Funktionen (6P)

Als Greensche Funktion der Laplace-Gleichung bezeichnen wir die Lösungen $G(\vec{r}, \vec{r}')$ der Gleichung

$$\Delta G(\vec{r}, \vec{r}') = -4\pi\delta(\vec{r} - \vec{r}').$$

a) Zeigen Sie, dass das Potential $\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V G(\vec{r}, \vec{r}') \rho(\vec{r}') d^3r' + \phi_0$ eine Lösung der Poissongleichung $\Delta\phi(\vec{r}) = -\frac{1}{\epsilon_0}\rho(\vec{r})$ darstellt, $\vec{r} \in V$.

b) Zeigen Sie, dass für das Potential einer Punktladung $Q\delta(\vec{r} - \vec{R})$ am Ort $\vec{R}$ gilt:

$$\phi(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} G(\vec{r}, \vec{R}).$$

c) Geben Sie die Greensche Funktion für eine Ladung im freien Raum an.

d) Verwenden Sie die Greensche Funktion einer Punktladung, um das Potential zweier Punktladungen $q_{1,2}$ am Ort $(0, 0, \pm d)$ darzustellen. Bestimmen Sie das Potential dieser Ladungsverteilung im Fernfeld durch Entwicklung der Wurzel in Kugelkoordinaten. Betrachten Sie die Fälle $q_1 = q_2 = q$, $-q_1 = q_2 = q$ und $-q_1 \ll q_2$ (unterschiedliches Vorzeichen).

Präsenzaufgabe 1: Spiegelladung

Eine Punktladung q befinde sich am Punkt (x', y', z') vor einer unendlich ausgedehnten, leitenden, geerdeten Platte, die in der y - z -Ebene liegen soll.

a) Benutzen Sie die Methode der Spiegelladungen, um das Potential im gesamten Raum und daraus das elektrische Feld zu bestimmen.

b) Aufgrund der Influenzladung der Platte üben die Punktladung und die Metallplatte Kräfte aufeinander aus. Bestimmen Sie die Kraft $\vec{F}$, welche auf die Punktladung wirkt.

Präsenzaufgabe 2: Plattenkondensator mit Dielektrikum

Ein Plattenkondensator mit quadratischen Platten (Seitenlänge a , Plattenabstand d) wird mit der Spannung U aufgeladen, und dann von der Spannungsquelle getrennt. Wie in der Vorlesung gezeigt, wird nun ein teilweise mit Wasser (Dielektrizitätskonstante $\varepsilon = 80$) gefüllter Behälter zwischen die Kondensatorplatten gebracht (vgl. Abbildung, das Material des Behälters kann vernachlässigt werden).

Welcher Anteil x des Behälters muss mit Wasser gefüllt werden, damit die am Kondensator gemessene Spannung auf $0.1U$ sinkt?

