Universität des Saarlandes
Fakultät 7 – Physik und Mechatronik

Fachrichtung 7.1 – Theoretische Physik
Prof. Dr. M. Lücke,
J. Baltrusch (bis Ende Dez.'13),
Dr. M. Bienert (ab Jan.'14)
Gebäude E2 6, Zi. 4.28
http://www.qphys.uni-saarland.de/de/index.php/teaching/course/tpi_ii_la

Saarbrücken, den 8.1.2014

Übungen zur theoretischen Physik I & II

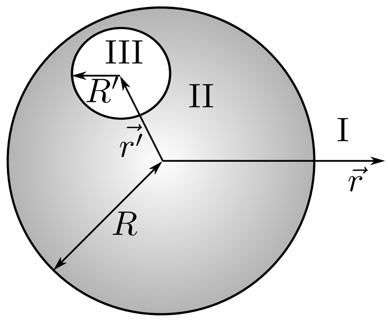
Blatt 11

Aufgabe 35 Geladene Kugel mit Hohlraum

a) Berechnen Sie das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r})$ einer Kugel mit homogener Ladungsdichte ρ, dem Radius R und Mittelpunkt in $\mathbf{r} = \mathbf{0}$.

b) Wie lautet das Feld $\mathbf{E}'(\mathbf{r})$ für eine andere Kugel mit Ladungsdichte ρ', dem Radius R' und Mittelpunkt in $\mathbf{r} = \mathbf{r}'$?

c) Berechnen Sie mit Hilfe der Ergebnisse aus a) und b) das Feld der skizzierten Kugel mit einem kugelförmigen Hohlraum um $\mathbf{r} = \mathbf{r}'$.



Folgende Ladungsdichte wird angenommen:

I Außenbereich: $\rho = 0$

II Geladenes Gebiet: $\rho =$ konst.

III Hohlraum: $\rho = 0$

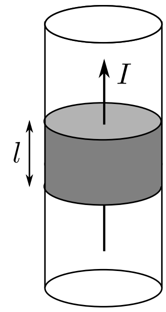
d) Skizzieren Sie die Feldlinien.

(30 Prozent)

Aufgabe 36 Energiebilanz eines stromdurchflossenen Widerstands

Zeigen Sie, dass für einen zylindrischen Widerstand, durch den ein Strom I fließt, gilt:

a) Das elektromagnetische Feld E führt dem Widerstand durch die markierte Oberfläche Energie mit der Rate $\gamma = E\ I\ l$ zu, welche im Inneren in Joulesche Wärme umgewandelt wird.



b) Geben Sie die Leistungsbilanz des Leiterstücks an, und berechnen Sie den Poyntingvektor auf der gekennzeichneten Oberfläche und den zugehörigen Energiestrom durch diese.

(30 Prozent)

Aufgabe 37 Klassischer Elektronenradius

a) Berechnen Sie explizit das Potential $\phi(\mathbf{r}) = \int d^3\mathbf{r}'\rho(\mathbf{r}')/|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|$ und das elektrische Feld $\mathbf{E}(\mathbf{r}) = -\nabla\phi(\mathbf{r})$ einer homogen geladenen Kugel mit Ladung q, Radius a und dem Mittelpunkt $\mathbf{r} = 0$. Skizzieren Sie die Ladungsdichte, das Potential sowie das elektrische Feld als Funktion des Abstands vom Ursprung.
Hinweis: Unterscheiden Sie den Innen- und Außenbereich der Kugel.

b) Überzeugen Sie sich, dass eine Punktladung im Ursprung das gleiche Potential und elektrische Feld erzeugt wie die Kugel aus a) im Außenbereich ($r > a$).

c) Die elektrische Feldenergie ist die integrale Größe $U = \frac{1}{2}\int d^3\mathbf{r}\phi(\mathbf{r})\rho(\mathbf{r})$. Für den Fall der geladenen Kugel aus Teil a) hängt sie vom Radius a und der Ladung q ab. Zeigen Sie zunächst mit einer Dimensionsanalyse, dass $U \sim q^2/a$ und berechnen Sie dann U explizit über die Auswertung des Integrals.

d) Berechnen Sie den Elektronenradius a_e durch Identifizierung der Ruheenergie $m_e c^2$ mit der elektrostatischen Selbstenergie einer Ladungskugel mit q = e.

(40 Prozent)