

Übungsaufgaben

Ferienkurs Experimentalphysik II:
Elektrostatik und elektrischer Strom

Rolf Ripszam

1 Geladener Stab

Betrachten Sie einen Stab der Länge L , der auf der x -Achse liegt und die Ladung $-q$ trägt. Der Stab sei nichtleitend.

- (a) Wie groß ist die lineare Ladungsdichte auf dem Stab?
- (b) Wie groß sind Betrag und Richtung des elektrischen Felds im Punkt P , der im Abstand a vom Ende des Stabs auf der x -Achse liegt?
- (c) Zeigen Sie, dass der Stab für $a \gg L$ für einen Betrachter in P wie eine Punktladung aussieht.

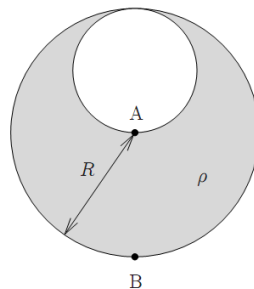
2 Kugel mit Hohlraum

Das Feld einer homogen geladenen Kugel hat die Form

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^3} \mathbf{r} & r < R \\ \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \mathbf{r} & r > R \end{cases}$$

wobei R der Radius der Kugel und Q ihre Ladung ist. Benutzen Sie dies, um das folgende Problem zu bearbeiten:

Eine Kugel mit Radius R war positiv geladen mit einer einheitlichen Ladungsdichte ρ . Dann wurde eine kleinere Kugel mit Radius $\frac{R}{2}$ ausgeschnitten (siehe Skizze). Welche Richtung und welchen Betrag hat das Feld in den Punkten A und B ?



3 Zylinder

Betrachten Sie einen langen, leitenden zylindrischen Stab der Länge L mit einer Gesamtladung $+q$, der umhüllt ist von einer zylindrischen, leitenden Röhre, die ebenfalls die Länge L hat und eine Gesamtladung $-2q$ trägt. Verwenden Sie den Satz von Gauß, um (a) das elektrische Feld in Punkten außerhalb der Röhre, (b) die Ladungsverteilung auf der Röhre, (c) das elektrische Feld im Bereich zwischen Stab und Röhre zu berechnen.

4 Metallplatte

Ein Elektron wird im rechten Winkel mittig auf eine sehr große Metallplatte geschossen, die mit einer Flächenladungsdichte von $\sigma = 2 \cdot 10^{-6} \frac{C}{m^2}$ negativ geladen ist. Das Elektron mit einer anfänglichen kinetischen Energie von 100eV wird bei Annäherung an die Platte durch die elektrostatische Abstoßung gebremst und erreiche die Plattenoberfläche mit der Geschwindigkeit Null. In welcher Entfernung von der Plattenoberfläche muss das Elektron abgeschossen worden sein?

5 Potential einer homogen geladenen Kugel

Berechnen Sie das E-Feld innerhalb einer nichtleitenden Kugel mit Radius R , die eine homogen verteilte Ladung q trägt.

a) Im Folgenden sei nun der Nullpunkt des Potentials $\phi = 0$ im Mittelpunkt der Kugel definiert.

1. Bestimmen Sie das elektrische Potential $\phi(r)$ innerhalb der Kugel
2. Wie groß ist die Potentialdifferenz zwischen einem Punkt auf der Oberfläche und dem Mittelpunkt der Kugel?
3. Welcher der beiden Punkte liegt auf einem höheren Potential, wenn q positiv ist?

b) Nun sei der Nullpunkt im Unendlichen definiert, also $\phi(\infty) = 0$. Wiederholen Sie 1. und 2. aus a) für diese neue Eichung. Warum unterscheiden sich die beiden Ergebnisse für 1., nicht aber die für 2.?

6 Dipolmoment eines Wassermoleküls

Das Wassermolekül H_2O ist aufgrund der großen Elektronegativität von Sauerstoff polar, und zwar beträgt sein Dipolmoment ca. $p = 7,5 \cdot 10^{-30} Cm$.

(a) Berechnen Sie die Energie, die nötig ist, um das Wassermolekül in einem Feld von $10^4 N/C$ um 180° aus seiner Gleichgewichtslage herauszudrehen. Geben Sie das Ergebnis in Elektronenvolt (eV) an.

(b) Wie groß ist das Drehmoment auf das Wassermolekül in der neuen Position?

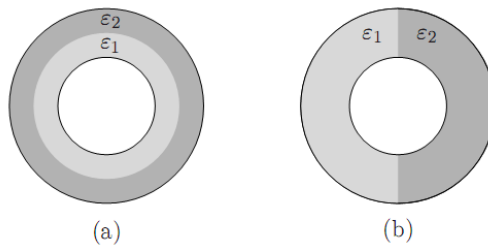
7 Kugelkondensator

(a) Leiten Sie die Formel für die Kapazität eines Kugelkondensators her, der aus zwei konzentrischen metallischen Kugelschalen der Radien R_1 und R_2 besteht.

(b) Betrachten Sie ein System aus zwei metallischen Hohlkugeln, die sehr weit voneinander getrennt sind und durch einen langen leitenden Draht miteinander verbunden sind. Der Verbindungsdraht bewirkt, dass auf den Oberflächen beider Kugeln dasselbe Potential herrscht. Wie groß ist die Kapazität dieses kombinierten Systems? Wie verteilt sich eine gegebene Ladungsmenge Q auf die beiden Kugeln? Wie groß sind dann die Feldstärken an den Kugeloberflächen? Berechnen Sie konkret die Feldstärken für $Q = 1nC$ und $R_1 = 5cm$, $R_2 = 10cm$. (Die Ladungen auf dem Draht sollen vernachlässigt werden.)

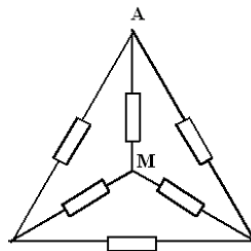
8 Kugelkondensator mit Dielektrikum

An den beiden abgebildeten Kugelkondensatoren liegt zwischen der inneren und der äußeren Metallkugel die Spannung U an. Dabei stellen die schattierten Bereiche Dielektrika dar. Berechnen Sie für (a) und (b) die Kapazität und die Flächenladungsdichte auf der äußeren und der inneren Kugel. Nehmen Sie an, dass die Felder in beiden Fällen rein radial gerichtet sind.

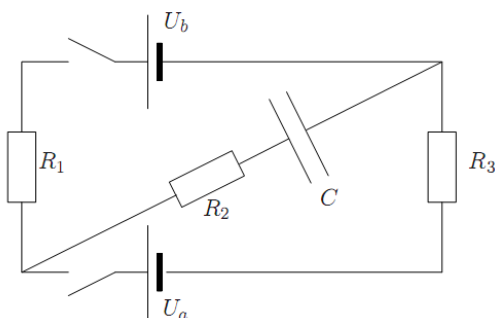


9 Widerstandsnetzwerk

Betrachten Sie das unten skizzierte Widerstandsnetzwerk aus sechs identischen Widerständen R . Wie groß ist der elektrische Gesamtwiderstand zwischen dem Mittelpunkt M und dem Punkt A ?



10 Schaltkreis mit Kondensator



Betrachten Sie den in der Abbildung dargestellten Schaltkreis. Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei der Kondensator ungeladen und es werden beide Schalter gleichzeitig geschlossen. Bestimmen Sie die Ladung des Kondensators als Funktion von t .