Physik-Department

Ferienkurs zur Experimentalphysik 2 - Aufgaben

Daniel Jost

26/08/13

Technische Universität München

1 Aufgaben zur Elektrostatik

Aufgabe 1

Gegeben seien drei Ladungen $q_1 = q$, $q_2 = -q$ und $q_3 = q$, die sich an den Punkten $\mathbf{r}_1 = (1, 0)$, $\mathbf{r}_2 = (-1, 0)$ und $\mathbf{r}_3 = (0, 1)$ befinden und beweglich sind.

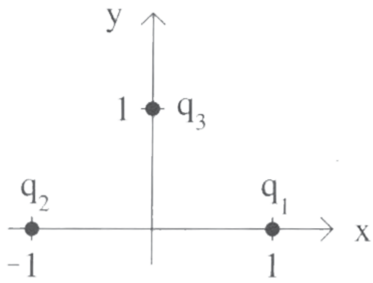

Abbildung 1: Punktladungen

(a) Bestimmen Sie das Potential $V(\mathbf{r})$, das durch diese drei Ladungen erzeugt wird.

(b) Berechnen Sie die Kraft, die auf die Ladung q_1 ausgeübt wird.

Aufgabe 2

Zwölf identische Punktladungen $+q > 0$ sind äquidistant auf einem Kreis mit Radius R positioniert. Im Mittelpunkt des Kreises befindet sich eine Ladung $+Q > 0$.

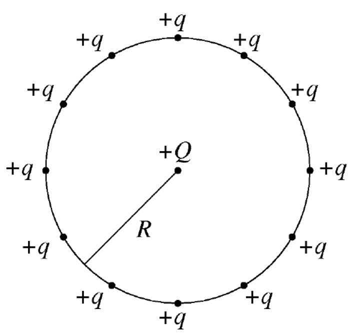

Abbildung 2: Anordnung der Ladungen

(a) Bestimmen Sie die Größe und Richtung der Kraft, die auf die Ladung $+Q$ wirkt.

(b) Nun wird die Punktladung, die sich bei 3 Uhr befindet, entfernt. Geben Sie die Größe und Richtung der Kraft, die auf die Ladung $+Q$ wirkt, an.

Aufgabe 3

(a) Betrachten Sie eine Ladung q, die im Ursprung sitzt. Bestimmen Sie mithilfe des Satzes von Gauß das elektrische Feld $\mathbf{E}$. Warum ist es ein sinnvoller Ansatz $\mathbf{E} = E \cdot \mathbf{e}_r$ zu wählen?

(b) Eine homogen geladene Kugel mit Radius R und der Gesamtladung q sitzt im Ursprung. Bestimmen Sie das elektrische Feld zunächst für $r > R$. Was stellen Sie im Hinblick auf die vorherige Aufgabe fest? Berechnen sie nun das elektrische Feld für $r < R$.

(c) Zwei konzentrische Kugeln mit Ladung $+q$ und $-q$ und den Radien R_1 und R_2 ($R_1 < R_2$) bilden einen Kugelkondensator. Berechnen Sie dessen Kapazität [**Sie können die Lösung der Teilaufgabe (a) recyceln**].

(d) Zeigen Sie:

$$\mathbf{M} = \mathbf{p} \times \mathbf{E} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

(Einzeiler)

Aufgabe 4

Betrachten Sie einen Plattenkondensator mit Fläche $A = L \cdot a$, dessen Platten den Abstand d besitzen und die Ladung Q tragen.

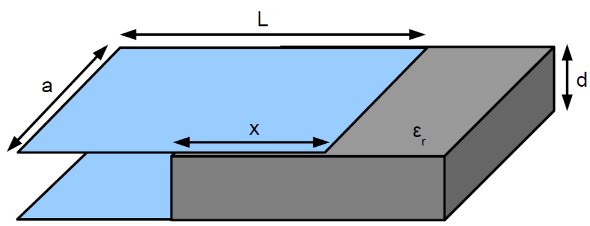

Abbildung 3: Dielektrikum in Plattenkondensator

(a) Berechnen Sie die Kapazität dieses Kondensators via Satz von Gauß zunächst ohne Berücksichtigung des Dielektrikums. Argumentieren Sie über den Satz von Gauß, warum nur die Plattenflächen bei der Gauß'schen Box berücksichtigt werden müssen. **Hinweis: Betrachten Sie die E-Felder der Kondensatorplatten zunächst getrennt und berücksichtigen Sie dann die Superposition.**

(b) Nun wird wie in Abbildung 3 gezeigt, ein Dielektrikum mit relativer Dielektrizitätskonstante ϵ_r in den Kondensator geschoben. Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators in Abhängigkeit von x. Sie dürfen alle bekannte Formeln recyceln.

Aufgabe 5

Die Abbildung zeigt zwei in Reihe geschaltete Kondensatoren. Das mittlere Bauteil der Länge b ist in horizontaler Richtung beweglich.

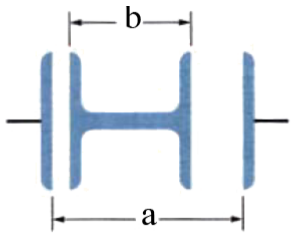

Abbildung 4: Aufbau zu Aufgabe 4

(a) Berechnen Sie die Gesamtkapazität C der Anordnung.

(b) Wie hängt C von der horizontalen Position des mittleren Bauteils ab?

(c) Wie ändert sich die Gesamtkapazität, wenn die Anordnung in Öl getaucht wird, das eine Dielektrizitätskonstante κ hat?

Aufgabe 6

Betrachten Sie einen Zylinderkondensator wie in Abbildung 5. Berechnen Sie dessen Kapazität, davon ausgehend, dass er die Ladung Q trage. Wie groß ist die Kapazität, wenn der Zwischenraum mit einem Dielektrikum ϵ_r gefüllt ist?

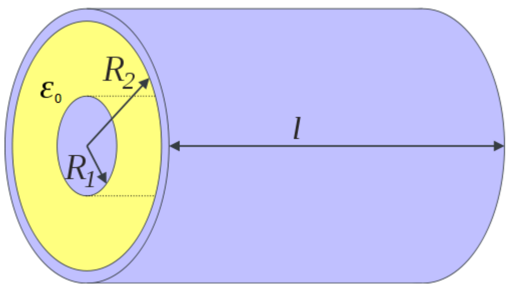

Abbildung 5: Zylinderkondensator

Aufgabe 7

Berechnen Sie den Energiegehalt eines Plattenkondensators mit Plattenabstand d

(a) indem Sie annehmen, dass der Kondensator zunächst ungeladen ist und die Ladungen von der einen Seite der Platte mittels anliegender Spannung U auf die andere gebracht werden, bis die Ladung des Kondensators Q beträgt.

(b) indem Sie annehmen, dass der Kondensator mit der Ladung Q geladen ist und Sie die Energie des elekrischen Felds des Kondensators bestimmen.

Aufgabe 8

Es sei ein Spannungsnetzwerk wie in Abbildung 6 gegeben. Bestimmen Sie das Potential am Punkt P für $U_1 = 6$ V, $U_2 = 4$ V, $R = 10\ \Omega$.

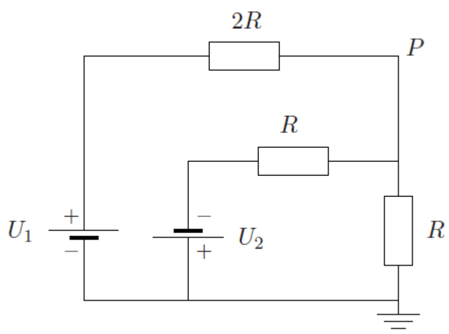

Abbildung 6: Spannungsnetzwerk

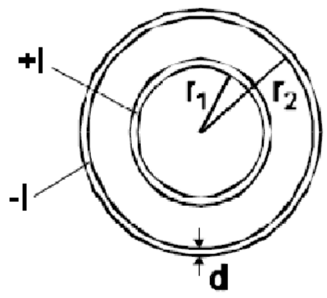

Abbildung 7: Konzentrische Leiter

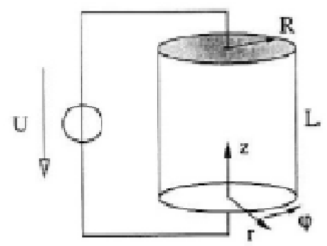

Abbildung 8: Zylinderförmiger ohmscher Leiter

Aufgabe 9

Betrachten Sie zwei konzentrische Leiter, die wie in Abbildung 7 angeordnet sind und in entgegengesetzter Richtung vom Strom I durchflossen werden. Bestimmen Sie den Betrag der Stromdichte j in den Bereichen $0 < r < \infty$.

Aufgabe 10

Gegeben sei ein zylinderförmiger ohmscher Leiter mit dem Radius R und der Länge L. An diesen ist über die ideal leitende Deck- und Bodenfläche eine Spannungsquelle der Spannung U angeschlossen (vgl. Abbildung 8). Im Leiter verteilt fließt der elektrische Strom entgegen der z-Richtung. Der Betrag der Stromdichte $\mathbf{j}(\mathbf{r}) = -j(r) \cdot \mathbf{e}_z$ im Leiter lautet in Zylinderkoordinaten $j(r) = j_0(2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2)$.

(a) Das elektrische Feld im Inneren des Zylinders sei konstant. Bestimmen Sie die Richtung von E.

(b) Berechnen Sie den Strom I, der durch die gesamte Anordnung fließt.

(c) Wie groß ist die im Leiter abfallende Leistung P?

(d) Berechnen Sie Beitrag und Richtung der Driftgeschwindigkeit.