Ferienkurs Experimentalphysik 2

Sommersemester 2015

Gabriele Semino, Alexander Wolf, Thomas Maier

Übungsblatt 1

Elektrostatik

Aufgabe 1: Mondladung

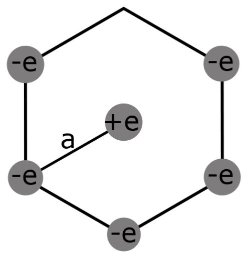
Betrachten Sie Erde und Mond als geladene Kugeln, die beide die gleiche entgegengesetzte Oberflächenladungsdichte haben. Die Größe der Erde (Erdradius $r_{\mathrm{E}} = 6371$ km, Erdmasse $m_{\mathrm{E}} = 5,9736 \cdot 10^{24}$ kg) und des Mondes (Mondradius $r_{\mathrm{M}} = 1773$ km, Mondmasse $m_{\mathrm{M}} = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg) und ihr mittlerer Abstand ($r_{\mathrm{EM}} = 384400$ km) seien wie in der Wirklichkeit. Die Ladung der Erde ist positiv, die des Mondes negativ.

a) Wie groß müssen die Gesamtladungen auf der Erde und dem Mond sein, damit die Anziehungskraft zwischen den beiden Körpern genauso stark ist wie die Gravitation?

b) Könnte man das gesamte Sonnensystem mithilfe geladener Körper und elektrostatischer Kräfte als alleinig auftretende Kräfte nachbauen? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 2: Ladungen im Sechseck

An fünf Ecken eines gleichseitigen Sechsecks (Seitenlänge $a = 5 \cdot 10^{-5}$ m) sei je ein Elektron ($-e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg) angebracht, im Zentrum des Sechsecks befinde sich eine positive Punktladung $q = +e$.



a) Welches Potential erzeugt diese Ladungsverteilung in der freien sechsten Ecke? Welche Arbeit muss geleistet werden um ein weiteres Elektron aus der Unendlichkeit in die freie Ecke zu bringen?

b) Wird dieses Elektron anschließend wieder losgelassen, so fliegt es weg. Welche Grenzgeschwindigkeit erreicht das Elektron im Vakuum?

c) Welche Grenzgeschwindigkeit erreichen die Elektronen, wenn alle sechs gleichzeitig losgelassen werden?

Aufgabe 3: Satz von Gauß

Bestimmen Sie für die folgenden Anordnungen das elektrische Feld $\vec{E}$ in allen relevanten Gebieten mithilfe des Satzes von Gauß.

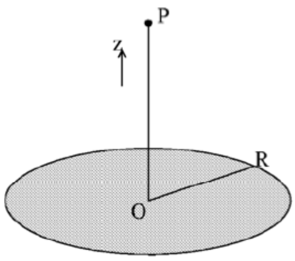
a) Für eine homogen geladene Vollkugel mit Volumenladungsdichte ρ_0 und Radius r_0.

b) Für einen unendlich langen Hohlzylinder mit vernachlässigbarer Wandstärke. Der Radius des Zylinders sei r_0, die Wand habe eine Oberflächenladungsdichte σ_0.

c) Für einen unendlich langen Draht mit Linienladungsdichte λ_0.

Aufgabe 4: E-Feld einer Scheibe

Eine Scheibe mit Radius R hat eine Oberflächenladungsdichte σ. Die z-Achse schneidet den Mittelpunkt O. Die Gesamtladung der Schiebe beträgt $Q = \pi R^2 \sigma$.



a) Berechnen Sie die Größe und Richtung des elektrischen Feldes $\vec{E}(z)$ an einem Punkt P in einer Entfernung z über dem Mittelpunkt der Scheibe. Drücken Sie das Ergebnis in Abhängigkeit von Q, R, ϵ_0 und z aus.

   Hinweis: Das Ergebnis für das elektrische Feld entlang der z-Achse eines Rings mit Radius r und Ladung q mag hier hilfreich sein:

$$\vec{E}_{\text{Ring}}(z) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qz}{\left(z^2 + r^2\right)^{3/2}} \vec{e}_z \tag{1}$$

b) Skizzieren Sie $\vec{E}(z)$ qualitativ für $z > 0$.

c) Benutzen Sie die Taylorreihe $(1 + u)^n \approx 1 + nu + \dots$ für $u \ll 1$ um vereinfachte Ausdrücke für die folgenden zwei Grenzfälle von $\vec{E}(z)$ zu finden: $z^2 \ll R^2$ und $z^2 \gg R^2$.

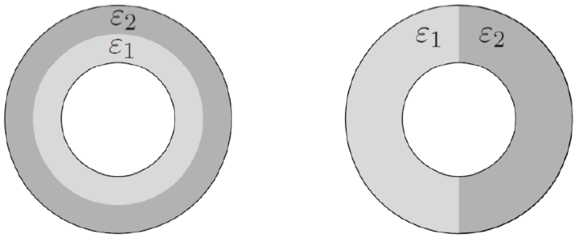
d) Vergleichen Sie das Ergebnis aus (c) mit $\vec{E}(r)$ einer Punktladung Q im Ursprung.

Aufgabe 5: Plattenkondensatoren

Eine Parallelschaltung zweier baugleicher $2,0\mu F$ Plattenkondensatoren wird an eine 100V-Batterie angeschlossen. Anschließend wird die Verbindung zur Batterie getrennt und der Abstand zwischen den Platten eines der Kondensatoren verdoppelt. Ermitteln Sie die Ladung auf der positiv geladenen Platte jedes Kondensators.

Aufgabe 6: Kugelkondensatoren

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 Fallen rein radial ausgerichtet sind.



(a) (b)

Hinweis: Die Kapazitat eines Kugelkondensators mit innerem bzw. äußerem Radius R_i bzw. R_a und Dielektrikum ϵ im Zwischenraum ist gegeben mit

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_a R_i}{R_a - R_i} \tag{2}$$