Ferienkurs Experimentalphysik 2

Übungsblatt 1:
Elektrostatik

Tutoren: Katharina Hirschmann und Gabriele Semino

1 Elektrostatik

1.1 Ladungsverteilung

1. Zwei punktförmige Ladungen von je 1 C üben aufeinander eine Kraft von 1 N aus.
   (a) Wie groß, ist der Abstand zwischen den Ladungen?
   (b) Welche Feldstärke erzeugt eine Ladung am Ort der jeweils anderen?
   (c) Zum Vergleich der Größenordnungen der Kräfte: Wie groß müssten zwei Massen sein, um im gleichen Abstand eine Gravitationskraft von 1N aufeinander auszuüben?
2. Bei $P_0 = (0, 0)$ befinde sich eine festgehaltene Ladung $+q$. Ein Teilchen der Masse m und der Ladung $+q$ werde bei $P_1 = (x_0, 0)$ festgehalten. Zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ werde das Teilchen losgelassen. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit des Teilchens in Abhängigkeit von seiner Position.
3. Eine Ladung q wird in zwei Teile geteilt. Wie groß müssen diese sein, damit sich bei einem gegebenen Abstand r der beiden (punktförmigen) Ladungsteile eine maximale abstoß ende Kraft ergibt?

1.2 Gaußgesetz

1. Durch welche Ladungsdichteverteilung $\rho(\mathbf{r})$ wird das Feld

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \alpha \exp(-\beta r)\mathbf{r} \tag{1}$$

   $(\alpha, \beta > 0)$ erzeugt? Wo im Raum verläuft die Grenzfläche zwischen positiver und negativer Ladungsdichte? Skizzieren Sie ρ als Funktion von r.

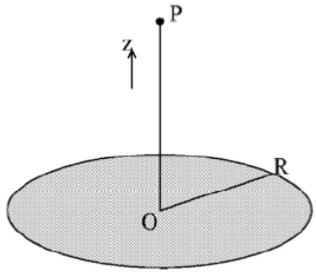
   Hinweis: Benutzen Sie $\nabla \cdot (f(r)\mathbf{r}) = rf' + 3f$.

2. Wie groß ist die Gesamtladung Q dieser Verteilung? Finden Sie das Ergebnis in Anbetracht des in a) skizzierten Graphen der Ladungsverteilung überraschend?

   Hinweis: Benutzen Sie das Gauß'sche Gesetz in Integralform um Q zu berechnen.

1.3 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 $Q = \pi R^2 \sigma$.



1. 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:

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

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

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

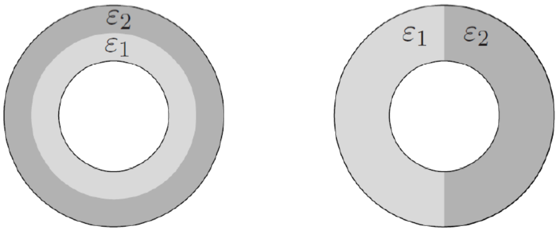
4. Vergleichen Sie das Ergebnis aus (c) mit $\vec{E}(r)$ einer Punktladung Q im Ursprung.

1.4 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.

1.5 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 Kapazität eines Kugelkondensators mit innerem bzw. äußerem Radius R_i bzw. R_a und Dielektrikum ϵ im Zwischenraum ist gegeben mit

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{R_a R_i}{R_a - R_i} \tag{3}$$