Ferienkurs

Experimentalphysik 2

Sommer 2014

Übung 1 - Angabe

PHYSIK
DEPARTMENT

1 Kupfermünze

Die alte, von 1793 bis 1837 geprägte Pennymünze in den USA bestand aus reinem Kupfer und hatte eine Masse von 3,10 g. (Moderne „ Kupfermünzen “ werden aus einer Kupfer-Zink-Legierung geprägt, so der heutige US-Penny, oder bestehen aus einem Stahlkern mit Kupferummantelung wie der Eurocent.) Wie groß ist die Gesamtladung aller Elektronen in einer solchen Münze?
Hinweis: Die Kernladungszahl von Kupfer ist Z = 29.

2 Resultierende Kraft in zwei Dimensionen

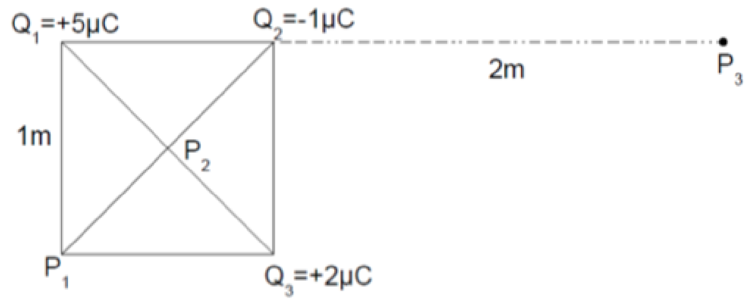
Die Ladung $q_1 = +25nC$ befindet sich im Ursprung, die Ladung $q_2 = -15nC$ liegt auf der x-Achse im Punkt $x_2 = 2m$ und die Ladung $q_0 = +20nC$ befindet sich im Punkt $x = 2m, y = 2m$. Bestimmen Sie Größe und Richtung der resultierenden Kraft auf q_0.

3 Fünf Punktladungen

Fünf gleiche Punktladungen q sind gleichmäßig auf einem Halbkreis mit dem Radius e verteilt. Geben Sie mithilfe von $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ und q sowie r die Kraft auf die Ladung q_0 an, die von den anderen fünf Ladungen glecih weit entfernt ist.

4 Ladungen im Quadrat

Die Punktladungen Q_1, Q_2 und Q_3 befinden sich an drei Ecken eines Quadras mit 1m Seitenlänge. Der Abstand zwischen Q_2 und P_3 beträgt 2m.
Beachten Sie: $V(\infty) = 0$.



1. Berechnen Sie das elektrostatische Potential V bei P_1, P_2 und P_3.
2. Gibt es außer in unendlicher Entfernung Punkte oder Oberflächen im Raum, wo das elektrostatische Potential Null ist?

3. Es gibt zwei Punkte, bei denen das elektrische Feld Null ist. Können Sie abschätzen, wo sich diese Punkte befinden? Begründen Sie Ihre Antwort und skizzieren Sie die Feldlinien.

4. Berechnen Sie die elektrostatische Energie des Systems.

5 Nervenzelle

Die Membran des Axons einer Nervenzelle kann als dünner Hohlzylinder mit dem Radius $1,00 \cdot 10^{-5}$ m, der Länge 10,0 cm und der Dicke 10,0 nm modelliert werden. Auf der einen Seite der Membran sitzt eine positive Ladung und auf der anderen eine negative. Die Membran wirkt im Grunde wie ein Plattenkondensator mit dem Flächeninhalt $2\pi rl$ und dem Plattenabstand d. Nehmen Sie an, dass die Membran mit einem Material mit einer Dielektrizitätskonstante von 3,00 gefüllt ist.

1. Wie groß ist die Kapazität der Membran?

2. Ermitteln Sie

   (a) die Ladung auf der positiv geladenen Seite der Membran sowie

   (b) die elektrische Feldstärke der Membran, wenn über ihr eine Spannung von 70,0 mV herrscht.

6 Dielektrikum

Über einen weiten Feldstärkebereich hängt die Polarisation $\vec{P}$ in einem Dielektrikum linear mit der Feldstärke zusammen:

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E} \tag{1}$$

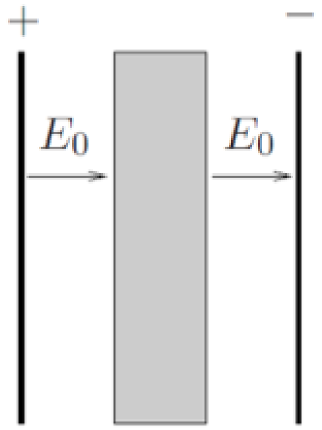
Betrachten Sie einen Plattenkondensator in dem sich ein Dielektrikum mit der Dielektritätszahl $\varepsilon = 1+\chi$ befindet. Die Feldstärke im leeren Raum zwischen dem Dielektrikum und den Kondensatorplatten ist $\vec{E}_0 = E_0 \vec{e}_x$ (siehe Abbildung). Gefragt ist nach der Polarisation im Dielektrikum. Randeffekte können vernachlässigt werden.

1. Warum können Sie die Polarisation nicht einfach mit Hilfe der obigen Gleichung aus dem gegebenen $\vec{E}_0$ ausrechnen?

2. Wie müssen Sie vorgehen um die Polarisation korrekt zu berechnen?

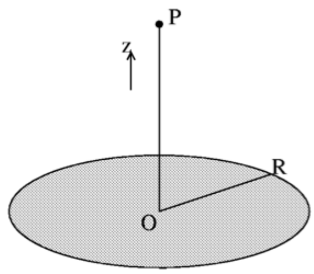
   Hinweis: Beachten Sie dass eine Unstetigkeitsfläche der Polarisation wie eine Flächenladung der Größe $|\sigma| = |\Delta P|$ wirkt.

3. Angenommen, Sie haben vergessen, wie man zwei lineare Gleichungen mit zwei Unbekannten löst. Wie können Sie trotzdem die Polarisation im Dielektrikum bestimmen, indem Sie sich einen genäherten Wert $\vec{P}_0$ als Ausgangspunkt überlegen und diesen schrittweise verbessern? Vergleichen Sie das so erhaltene Ergebnis mit dem in 2. berechneten Wert. Nehmen Sie an, dass $\chi < 1$ ist.



7 Scheibe

Eine Scheibe mit Radius R hat eine Flächenladungsdichte σ (siehe Abbildung). 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 für $\vec{E}(z)$ in Abhängigkeit von Q, R, ε_0 und z aus.
   Hinweis: Das Ergebnis für das elektrische Feld entlang der z - Achse eines Ringes mit Radius r und Ladung q mag hier hilfreich sein:
   $$\vec{E}_{Ring} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{qz}{(z^2 + r^2)^{3/2}} \vec{e}_z \tag{2}$$
2. Skizzieren Sie $\vec{E}(z)$ als Funktion von z für den positiven Bereich von z. Benutzen Sie R als Einheit für die Abszisse und $\frac{Q}{(4\pi\varepsilon R^2)}$ als Einheit für $\vec{E}(z)$.
3. Benutzen Sie eine Taylor - Reihe für $\sqrt{z^2 + R^2}$ um vereinfachte Ausdrücke für zwei Grenzfälle von $\vec{E}(z)$ zu finden:

(a) $z^2 << R^2$

(b) $z^2 >> R^2$

Hinweis: Benutzen Sie für Ihre Rechnungen nur den ersten Ausdruck aus der Erweiterung. z sei positiv.

4. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis aus 3. (b) mit dem Ergebnis, das Sie aus der Anwendung des Coulomb - Gesetzes für eine Punktladung erhalten.

8 Plattenkondensatoren

Eine Parallelschaltung zweier gleicher $2,00\mu F$ - Plattenkondensatoren (ohne Dielektrikum im Zwischenraum zwischen den Platten) 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.

9 Plattenkondensator mit Dielektrika

Die positiv geladene Platte eine Plattenkondensators trägt die Ladung q. Wenn der Zwischenraum zwischen den Platten luftleer ist, beträgt die elektrische Feldstärke zwischen ihnen $2,5 \cdot 10^5 V/m$. Nachdem der Zwischenraum mit einem bestimmten Dielektrikum gefüllt wurde, sinkt die Feldstärke zwischen den Platten auf $1,2 \cdot 10^5 V/m$.

1. Wie groß ist die relative Dielektrizitätskonstante des Dielektrikums?
2. Wie groß ist der Flächeninhalt der Platten bei $q = 10nC$?
3. Wie groß ist die insgesamt induzierte Ladung auf jeder Seite des Dielektrikums?

10 Punktteilchen

Ein Punktteilchen mit der Ladung $11,1nC$ befindet sich im Koordinatenursprung.

1. Welche Form(en) haben die Äquipotentialflächen in dem Gebiet um die Ladung?
2. Nehmen Sie an, dass das Potential bei $r = \infty$ null ist. Beerechnen Sie die Radien der fünf Flächen mit den Potentialen 20,0 V, 40,0 V, 60,0 V, 80,0 V bzw. 100 V und zeichnen Sie sie maßstabsgerecht um die Ladung im Mittelpunkt.
3. Sind diese Flächen äquidistant? Erläutern Sie Ihre Antwort.
4. Schätzen Sie die elektrische Feldstärke zwischen den Äquipotentialflächen mit 40,0 V und mit 60,0 V ab, indem Sie die Differenz der beiden Radien dividieren. Vergleichen Sie den Schätzwert mit dem genauen Wert in der Mitte zwischen den beiden Äquipotentialflächen.