
Übungen zur Klassischen Experimentalphysik II: Elektrodynamik (SS 2020)

Übungsblatt 4 · Besprechung am 20.05.2020 · (A.Ustinov/G.Fischer)

Aufgabe 11: Plattenkondensator (2 Punkte)

Ein Plattenkondensator wird mit Hilfe einer Spannungsquelle aufgeladen. Der anfängliche Plattenabstand d_1 wird nach dem Aufladen auf einen Abstand d_2 vergrößert. Berechnen Sie die damit verbundene Änderung der elektrischen Feldenergie. Betrachten Sie die Abstandsvergrößerung

- (a) bei angeschlossener Spannungsquelle oder
- (b) bei abgeklemmter Spannungsquelle.

Erläutern Sie Ihre Ergebnisse.

Aufgabe 12: Koaxialkabel (2 Punkte)

Ein Koaxialkabel der Länge L besteht aus einem leitenden Vollzylinder mit Radius r_1 und einem hiervon isolierten, koaxial angeordneten Hohlzylinder mit Radius $r_2 > r_1$. Berechnen Sie die Kapazität pro Längeneinheit C/L . Berechnen Sie hierfür das elektrische Feld im Zwischenraum mittels dem Gaußschen Satz und bestimmen Sie hieraus das zugehörige Potential bzw. die Spannung zwischen den Leitern (es ist $r_1 < r < r_2$ und $L \gg r_2$).

Aufgabe 13: Van-de-Graff-Generator (3 Punkte)

In einem van-de-Graaff-Generator werden Ladungen auf einem umlaufenden Gummi-Band der Breite b und der Geschwindigkeit v_{trans} transportiert. Die Ladungen erzeugen an der Oberfläche des dünnen Transportbandes ein elektrisches Feld E_O .

- (a) Wie groß ist die Oberflächenladungsdichte auf dem Gummi-Band?
- (b) Mit welcher Stromstärke wird der Generator aufgeladen?
- (c) Die Ladungen sammeln sich auf einer leitenden Kugeloberfläche (Radius R). Wie lange dauert es nach dem Einschalten, bis die Spannung U erreicht wird (keine Ladungsverluste)?
- (d) Die Durchschlagsfestigkeit von trockener Luft beträgt etwa 10^6 V/m . Setzt man Luft einer höheren elektrischen Feldstärke aus, werden Luftmoleküle ionisiert, die Luft leitet und das elektrische Feld bricht zusammen (Funkenentladung). Welche maximale Ladungsmenge könnte auf der Metallkugel des van-de-Graaff-Generators aufgebracht werden, ohne dass die Luft an der Oberfläche ionisiert wird?

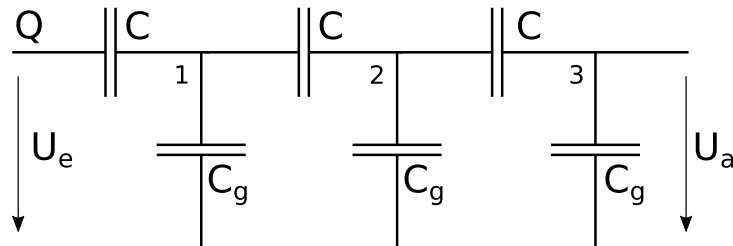
Zahlenwerte: $b = 30 \text{ cm}$, $v_{\text{trans}} = 15 \text{ m/s}$, $E_O = 10^3 \text{ V/cm}$, $R = 1,5 \text{ m}$, $U = 3 \cdot 10^5 \text{ V}$

Aufgabe 14: Plattenkondensator und Dielektrikum (5 Punkte)

Ein rechteckiger Plattenkondensator mit der Höhe $h = 20 \text{ cm}$ und der Breite $b = 10 \text{ cm}$ hat einen Plattenabstand $d = 0,5 \text{ cm}$. Der Kondensator wird zunächst an Luft betrieben ($\epsilon_r = 1$).

- (a) Welche Energie ist im Kondensator gespeichert, wenn eine Spannung $U = 100 \text{ V}$ anliegt?
- (b) Der Kondensator wird nun bis zu einer Höhe $H_1 = 4 \text{ cm}$ vollständig mit einem Dielektrikum (Glas, $\epsilon_r = 7$) gefüllt. Welche Energie steckt jetzt im Kondensator ($U = 100 \text{ V}$)?
- (c) Der „leere“ Kondensator ($Q = U = 0$) wird nun bis zu einer Tiefe $t < h$ in eine dielektrische Flüssigkeit (z.B. Nitrobenzol, $\epsilon_r > 1$) eingetaucht. Sobald eine Spannung an den Kondensator angelegt wird ändert sich der Flüssigkeitspegel im Inneren des Kondensators. In welche Richtung und warum ändert sich der Flüssigkeitspegel?
- (d) Berechnen Sie den "Füllstand" $H_N = t + \Delta H$ im Kondensator als Funktion von h, b, U, ϵ_r sowie der Dichte ρ der Flüssigkeit. Gehen Sie von der Energieänderung im Kondensator aus. Welchen Füllstand erreicht man im Kondensator durch Anlegen einer Spannung von $U = 10 \text{ kV}$ ($\epsilon_r = 36$, $t = 2 \text{ cm}$, $\rho = 1,20 \text{ g/cm}^3$)?
- (e) Nach dem Einstellen des Gleichgewichts wird der Kondensator von der Spannungsquelle getrennt. Was passiert?

Aufgabe 15: ★ Kapazitätsnetzwerk (Zusatzaufgabe ohne Wertung)



An einem Ende eines Kapazitätsnetzwerk (siehe Skizze) wird eine Ladung $Q = 1 \text{ C}$ deponiert. Die Kapazitäten sind $C = 10 \text{ F}$ und $C_g = 1 \text{ F}$. Berechnen Sie die Spannung U_e und U_a . Wie ändern sich die Spannungen, wenn C_g auf 10 F erhöht wird?