/55 P. ≙ % ≙ Punkte

Name: ____

Experimente mit einem Kondensator

Ein Plattenkondensator besitzt zwei kreisförmige Platten mit dem Radius $r = 13cm$. Die Ladespannung beträgt jeweils $10kV$.

1. Aufgabe

Der Kondensator wird an die Spannungsquelle angeschlossen. Mit einem empfindlichen Kraftmesser wird die elektrische Feldstärke E zwischen den Platten bei verschiedenen Plattenabständen d bestimmt.

$d\ in\ cm$	1	2	3	4	5	6
$E\ in\ \frac{mN}{nC}$	1,001	0,498	0,334	0,251	0,199	0,168

a) Skizziere den Versuchsaufbau und beschreibe die Durchführung des Versuchs! 6 P.

b) Zeichne den Graphen zu $E(d)$ und bestimme hierzu eine geeignete Regression in physikalischer Darstellung! 8 P.

c) Überprüfe dein Ergebnis durch eine Linearisierung und gib die gefundene Geradengleichung in physikalischer Darstellung an! 3 P.

d) Nenne den Zusammenhang zwischen E und d, der mit diesem Versuch verifiziert wird und zeichne das Feldlinienbild des Plattenkondensators! 4 P.

2. Aufgabe

Der Plattenabstand des Kondensators wird auf $d = 1mm$ verringert, zwischen den Platten befindet sich Glimmer ($\varepsilon_r = 7$). Der Kondensator wird erneut mit der Spannung U aufgeladen, dann aber von der Spannungsquelle getrennt.

a) Die gespeicherte Ladungsmenge Q lässt sich berechnen mit: $Q = \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot r^2 \cdot \frac{U}{d}$. Leite diese Formel begründet her! 6 P.

b) Berechne Q, die Kapazität C des Kondensators, die in seinem Feld gespeicherte Energie W_{el} und seine Energiedichte ρ! 7 P.

c) Erläutere die Funktionsweise des Dielektrikums! 3 P.

d) Aus dem aufgeladenen Kondensator wird jetzt die Glimmerscheibe entfernt. Untersuche, ob sich die elektrische Feldstärke des Kondensators ändert! Begründe deine Entscheidung! 4 P.

3. Aufgabe

Der Plattenkondensator wird jetzt so aufgestellt, dass seine Platten waagerecht liegen und den Abstand $d = 6cm$ voneinander haben. Er wird erneut mit der Spannungsquelle verbunden. Der Pluspol befindet sich an der oberen Platte. Durch ein kleines Loch in der unteren Platte wird ein Proton mit der Geschwindigkeit v gegen die Richtung der Feldlinien in den Kondensator geschossen.

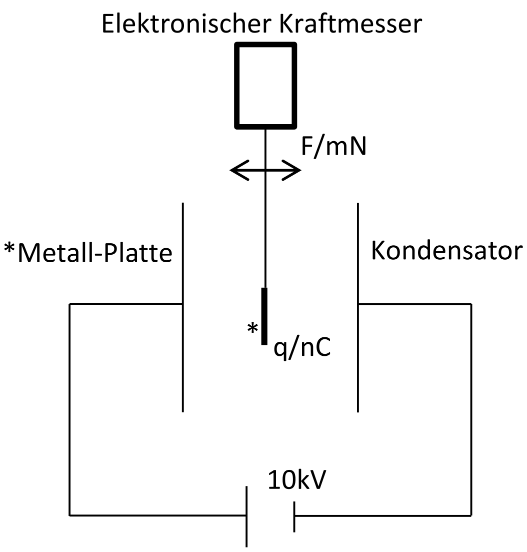
a) Berechne die Geschwindigkeit des Protons, wenn es genau in der Mitte zwischen den Platten zum Stillstand kommen soll bevor es dann wieder nach unten fällt! 8 P.

b) Vergleiche die elektrische Kraft mit der Gewichtskraft des Protons im Kondensator! Was bedeutet dies für die Berechnung zu a)? 6 P.

Lösungen

1. Aufgabe

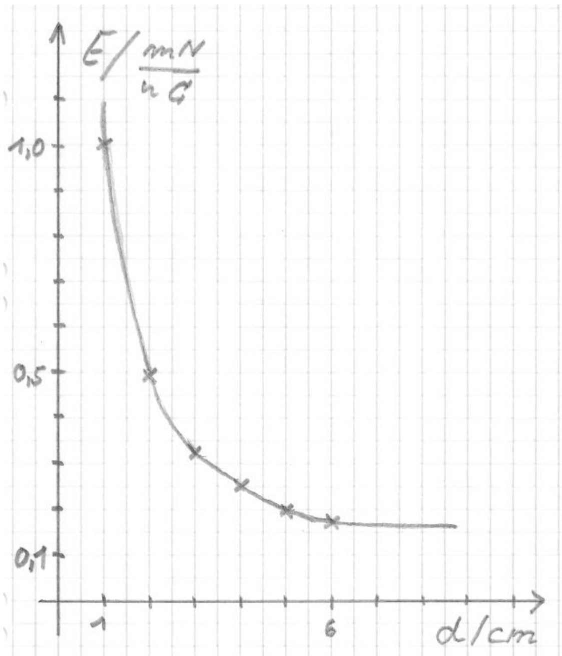
a) Skizze des Aufbaus



Durchführung

Der Kondensator wird mit der Hochspannungsquelle verbunden, so dass konstant 10kV anliegen.
Auf die kleine Metall-Platte wird eine Ladungsmenge q gebracht, deren Größe bekannt ist (Messung mit einem Coulomb-Meter). Die geladene Metall-Platte wird in die Mitte zwischen den Kondensatorplatten geschoben. Je nach Vorzeichen der aufgebrachten Ladung wird sie nach links oder rechts gezogen; die angreifende elektrische Kraft wird mit dem elektronischen Kraftmesser gemessen.

b) Zeichnung



Regression

L1: d in cm x-List
L2: E in mN/nC y-List
PwrReg L1, L2

$$y = 0{,}99867 \cdot x^{-0{,}99788}$$

Physikalisch:

$$E(d) = 1\frac{mN \cdot cm}{nC} \cdot \frac{1}{d} \Rightarrow$$

$$E(d) = 1\frac{10^{-3}N \cdot 10^{-2}m}{10^{-9}C} \cdot \frac{1}{d} \Rightarrow$$

$$E(d) = 1\frac{10^{4}Nm}{C} \cdot \frac{1}{d} = 10000V \cdot \frac{1}{d}$$

c) Linearisierung

Statt d wird jetzt 1/d auf der x-Achse aufgetragen. Im Taschenrechner erscheint beim Plot eine Ursprungsgerade mit der Gleichung: $y = 1{,}0002 \cdot x + 9{,}5 \cdot 10^{-5} \Longrightarrow$ E(d)=10kV $\cdot \frac{1}{d}$. Der y-Achsen-Abschnitt ist zu vernachlässigen, da sich eine Ursprungsgerade ergeben muss. Außerdem ist dieser Wert sehr viel kleiner als der kleinste sich aus den Messwerten ergebene Wert.

d) Hiermit wurde gezeigt (verifiziert): $E = \frac{U}{d}$. Das Feldlinienbild zeigt zwischen den Platten des Kondensators äquidistante Feldlinien von der positiven zur negativen

Platte. Im Randbereich quellen die Feldlinien nach außen; hier ist das Feld inhomogen (siehe Abbildungen in den Lehrbüchern).

2. Aufgabe

a) Für die Flächenladungsdichte gilt: $\sigma = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E$. Außerdem gilt: $\sigma = \frac{Q}{A}$. Die elektrische Feldstärke berechnet sich mit: $E = \frac{U}{d}$. Hieraus folgt: $\frac{Q}{A} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{U}{d}$. Da die Fläche einer Kondensatorplatte die Fläche eines Kreises ist ($A = \pi \cdot r^2$), folgt: $\frac{Q}{\pi \cdot r^2} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{U}{d}$ und schließlich: Q= $\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{U}{d}$.

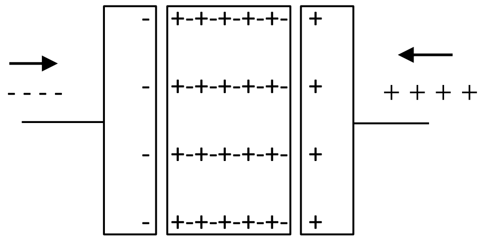
b) $Q = \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot 7 \cdot (0{,}13m)^2 \cdot \frac{10000V}{0{,}001m} = 3{,}2907 \cdot 10^{-5}C$

$$C = \frac{Q}{10000V} = 3{,}2907 \cdot 10^{-9}F$$

$$W_{el} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (10000V)^2 = 0{,}16453J$$

$$\rho = \frac{W_{el}}{A \cdot d} = \frac{W_{el}}{\pi \cdot (0{,}13m)^2 \cdot 0{,}001m} = 3098{,}97\frac{J}{m^3}$$

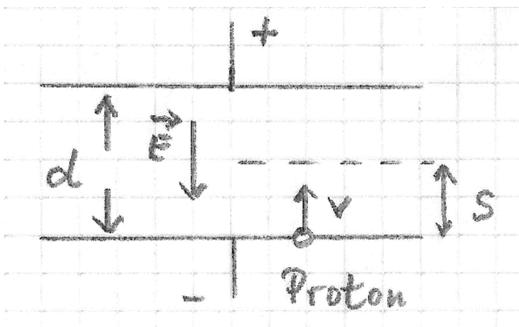
c) Durch Ausrichtung der Ladungsdipole im Dielektrikum werden die Ladungen auf den Kondensatorplatten zum Teil „neutralisiert“. Sie verlieren ihre abstoßende Wirkung, so dass nun weitere Ladungen auf die Platten fließen können.



d) Aus a) folgt: $E = \frac{Q}{\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r} = \frac{Q}{\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0 \cdot 7}$.

Entfernt man das Dielektrikum, so gilt: $E^* = \frac{Q}{\pi \cdot r^2 \cdot \varepsilon_0} = 7 \cdot E$. Da die Ladungsmenge Q konstant bleibt und lediglich die Konstante $\varepsilon_r = 7$ entfällt, vergrößert sich die Feldstärke um den Faktor 7.

3. Aufgabe



a) Die kinetische Energie des Protons wird in potentielle Energie umgewandelt.

$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = F_{el} \cdot s = E \cdot q \cdot s = \frac{U}{d} \cdot q \cdot s$. Es folgt:

$v = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot q \cdot s}{d \cdot m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10000V \cdot e \cdot 3cm}{6cm \cdot 1{,}67262 \cdot 10^{-27}kg}} = 978722{,}8346\frac{m}{s}$

b) $F_{el} = \frac{U}{d} \cdot e = 2{,}6703 \cdot 10^{-14}N$, $F_G = m_P \cdot g = 1{,}6408 \cdot 10^{-26}N$.

$\Rightarrow F_{el} \approx 1{,}6 \cdot 10^{12} \cdot F_G$.

Bei der Berechnung zu a) darf die Gewichtskraft deshalb vernachlässigt werden.