| Physik | Kurs: | 12 | LK | Nr. | 1 | | Gruppe: | A | | Datum: | 18.09.01 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Thema: | Elektrische Felder, Kondensator | | | | | | | | | **Lösungen** | |

1. Welche Spannung ist bei dem Plattenabstand 6cm an einen Plattenkondensator anzulegen, damit die Feldstärke $5 \cdot 10^{-3}$ V/m besteht ?

$$U = E \cdot d = 5 \cdot 10^{-3}\,\tfrac{V}{m} \cdot 0{,}06m = \underline{\underline{3 \cdot 10^{-4}\,V}}$$ 2

2. Wie groß ist die Feldstärke $E_0$ in einem Kondensator, wenn der Plattenabstand d=2mm beträgt, die angelegte Spannung U = 200V ist. Wie ändert sich die Feldstärke, wenn man a) den Plattenabstand verdoppelt, b) die Plattengröße verdoppelt, c) Ein Dielektrikum ($\varepsilon_r$=2) zwischen die Platten bringt ? Dabei soll I. der Kondensator in allen Fällen (a, b, c) mit der Spannungsquelle verbunden sein, II. von der Spannungsquelle gelöst sein.

$U_0$ = 200V $d_0$ = 0,002m $\varepsilon_r$=2 Weitere Ausgangswerte: $A_0$, $Q_0$, $\sigma_0$

mit I. U ist konstant II. Q ist konstant

$$E_0 = \frac{U_0}{d_0} = \frac{200V}{0{,}002m} = 10^5\,\frac{V}{m}$$ 1

a) $d_a=2d_0 \Rightarrow$

I. wegen $U_a=U_0$ $E_a=U_a/d_a=U_0/2d_0 = 0{,}5U_0/d_0 \Rightarrow E_a = \underline{0{,}5E_0}$ 2

II. wegen $Q_a=Q_0 \Rightarrow \sigma_a = Q_a/A_a = Q_0/A_0 = \sigma_0 \Rightarrow$ mit $\sigma=\varepsilon_0 E$

$\underline{E_a=E_0}$ 2

b) $A_b=2A_0 \Rightarrow$

I. wegen $U_b=U_0$ $E_b=U_b/d_b=U_0/d_0 = U_0/d_0=$ $\underline{E_b= E_0}$ 1

II. wegen $Q_b=Q_0 \Rightarrow \sigma_b = Q_b/A_b = Q_0/2A_0 = 0{,}5\sigma_0 \Rightarrow$ mit $\sigma = \varepsilon_0 E$ $\underline{E_b=0{,}5E_0}$ 1

c) $\varepsilon_r = 2$

I. wegen $U_c=U_0$ $E_b=U_b/d_b=U_0/d_0 = U_0/d_0= E_0$ $\underline{E_c= E_0}$ 1

II. wegen $E=1/\varepsilon_r E_0 \Rightarrow$ $\underline{E_c = 0{,}5E_0}$ 1

3. Ein Blockkondensator ist aus zwei Streifen Aluminiumfolie von je 4,5cm Breite und 5m Länge und einem 0,02mm dicken Isolator ( $\varepsilon_r$ = 5 ) durch Aufrollen hergestellt.

a) Wie groß ist die Kapazität des Kondensators ?

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{2A}{d} = 5 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{C}{Vm} \cdot \frac{2 \cdot 5m \cdot 0{,}045m}{2 \cdot 10^{-5}\,m} = 9{,}95 \cdot 10^{-7}\,F = 995nF \approx \underline{\underline{1\mu F}}$$ 2

b) Wie lange muss der Streifen sein, wenn die Kapazität 5µF betragen soll ?

$$\mathbf{C_b \approx 5C_a \Rightarrow l_b \approx 5l_a \Rightarrow l_b = \underline{\underline{25m}}}$$ 1

4. Ein Proton ( Ladung $q_p$ ,Masse $m_p$ ) durchläuft ein homogenes elektrisches Feld mit E = $3{,}0 \cdot 10^4$N/C der positiven zur negativen Platte. Der Abstand der Platten beträgt d = 5,2 cm.

a) Welche Arbeit wird dabei verrichtet ?

$$W = q \cdot E \cdot d = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 3{,}0 \cdot 10^4\,\tfrac{N}{C} \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-2}\,m = \underline{\underline{2{,}496 \cdot 10^{-16}\,J}}$$ 2

b) Welche Energieumwandlung findet bei dem Vorgang statt ?

**Die potentielle Energie im elektrischen Feld wird vollständig in kinetische Energie umgewandelt.** 1

c) Welche Geschwindigkeit erreicht das Teilchen nach Durchlaufen des Feldes?

$$W_{pot}=W_{kin} \Rightarrow W_{pot} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}496 \cdot 10^{-16}\,J}{1{,}67 \cdot 10^{-27}\,kg}} = \sqrt{2{,}99 \cdot 10^{11}\,\frac{Nm}{kg}} = \underline{\underline{546737{,}7\,\frac{m}{s}}}$$ 3

d) Welche Arbeit muss verrichtet werden, wenn das Proton von der unteren zur oberen Platte gebracht wird ? (Die Platten liegen senkrecht übereinander im gleichen Abstand

und sind nicht geladen.)

$$W = m \cdot g \cdot h = 1{,}67 \cdot 10^{-27}\,kg \cdot 9{,}81\,\tfrac{N}{kg} \cdot 5{,}2 \cdot 10^{-2}\,m = \underline{\underline{8{,}52 \cdot 10^{-28}\,J}}$$ 2

e) Vergleiche die Arbeit im elektrischen Feld und im Gravitationsfeld.

**Die Arbeit im elektrischen Feld ist um ≈11 Zehnerpotenzen größer.** 1

5. a) Welche Feldstärke kann man zwischen zwei im Kondensator getrennten Metallplatten messen?

Die Feldstärke zwischen den beiden Metallplatten ist Null. Wenn die ungeladenen Metallplatten zusammen in das Feld gebracht werden, dann werden solange Ladungen verschoben, bis das dabei entstehende Feld entgegengesetzt gleich groß dem verursachenden Feld ist. 2

b) Die Dielektrizitätskonstante $\varepsilon_r$ ist eine Stoffkonstante und hat für jeden Nichtleiter einen bestimmten positiven Zahlenwert. Wie groß müsste der entsprechende Wert für einen Leiter sein (Begründung!)?

Das Dielektrikum vermindert das Feld im Dielektrikum auf den $\varepsilon_r$-ten Teil. Im Metall wird das Feld gleich Null, also müsste $\varepsilon_r$ unendlich groß sein. 2

6. Welche Arbeit (Betrag) muss verrichtet werden, wenn ein Körper mit der Ladung $Q = -4 \cdot 10^{-9}C$ von einem Punkt, mit dem Potential $\varphi_1 = 420V$ an einen mit dem Potential $\varphi_2 = -580V$ gebracht wird ?

$$W = U \cdot Q = (\varphi_2 - \varphi_1) \cdot Q = (-580V - 420V)) \cdot (-4 \cdot 10^{-9}\,C) = 1000 \cdot 4 \cdot 10^{-9}\,J$$

$$\underline{\underline{W = 4 \cdot 10^{-6}\,J}}$$ 2

7. a) Mit welcher Kraft stoßen sich zwei gleichnamige, punktförmige Ladungen von je 1µC in 1m, b) 1mm Entfernung ab ?

$q_1 = q_2 = 1\mu C = 10^{-6}C$ a) $r = 1m \Rightarrow F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{(10^{-6}C)^2}{1m^2} = 9 \cdot 10^{-3}\,N$

2

b) $r = 10^{-3}m \Rightarrow F_b = F_a \cdot \frac{1}{(10^{-3})^2} = \underline{\underline{9kN}}$ 1

8. Wie groß ist die Feldstärke, die eine Punktladung von $Q = 10^{-5}C$ in der Entfernung von r = 10m erzeugt ? $E = \frac{F}{q} =$

$$\frac{F_C}{q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2 \cdot q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{10^{-5}C}{100m^2} = 900\,\frac{N}{C} = \underline{\underline{900\,\frac{V}{m}}}$$ 2

9. Ein Kondensator hat ohne Dielektrikum die Kapazität $C_0$. Zeige und begründe, dass er mit den beiden Dielektrika $\varepsilon_1=2$ und $\varepsilon_2= 3$ die Kapazität a) $C_a= 2{,}5C_0$ bzw. b) $C_b= 2{,}4C_0$ bekommt.

a) Die Anordnung kann betrachtet werden als Parallelschaltung von zwei Kondensatoren mit der halben Fläche also mit den Kapazitäten $C_1= 0{,}5\varepsilon_1C_0$ und $C_2=0{,}5\varepsilon_2C_0$

$$C_{ges} = C_1 + C_2 = 0{,}5\varepsilon_1C_0+0{,}5\,\varepsilon_2C_0= 0{,}5C_0(\varepsilon_1+ \varepsilon_2)$$

$$C_{ges} = 0{,}5C_0(2+3)= 2{,}5C_0 \quad \text{w.z.b.w.}$$ 3

b) Die Anordnung kann betrachtet werden als Reihenschaltung von zwei Kondensatoren mit dem halben Abstand d mit den Kapazitäten $C_1= 2\varepsilon_1C_0$ und $C_2= 2\varepsilon_2C_0$

$$C_{ges} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2\varepsilon_1C_0\,2\varepsilon_2C_0}{2\varepsilon_1C_0 + 2\varepsilon_2C_0} = 2C_0\,\frac{2\cdot 3}{2+3} = \underline{\frac{12}{5}C_0} = \underline{2{,}4C_0} \text{ w.z.b.w.}$$ 3

10. Wie wird nach dem heutigen Stand der Wissenschaft die Entstehung und der Ablauf eines Blitzes erklärt ?

Die Entstehung ist noch weitestgehend ungeklärt, ...das am längsten ungelöste Problem der klassischen Physik. Seit 250 Jahren ist bekannt, dass es sich um ein elektrisches Phänomen handelt.

Kräftige Aufwinde tragen heiße feuchte Luft in Bereiche unter dem Gefrierpunkt. Der Wasserdampf kondensiert und es bilden sich Eispartikel. Diese Eisbälle von etwa 1cm Durchmesser schweben in den Aufwinden. Kleinere Eispartikel, die noch höher getragen werden, stoßen mit ihnen zusammen. Bei diesem Reibungsvorgang kommt es zur Ladungstrennung. Die kleineren Eispartikel geben Ladungen ab und führen so zur negativen Aufladung der Eisbällchen. Die kleinen positiv geladenen Eiskristalle steigen auf bis zur Stratosphäre in etwa 8km-10km Höhe . Dort verteilen sie sich seitlich, weil die Temperatur nicht mehr abnimmt. Das führt zur typischen Ambossform der Gewitterwolken.

Ein Blitz beginnt als kleiner Funke in einer aufgeladenen Wolke in bis zu 8km Höhe. Ein Strahl von Elektronen strömt aus der Wolke, legt etwa 100m zurück, hält inne und sammelt sich für ein paar Millionstel Sekunden, dann setzt er seinen Weg in einer anderen Richtung fort, sammelt sich wieder usw., oft verzweigt sich der Strahl. Dabei fließt noch sehr wenig Ladung. Das ist noch kein richtiger Blitz sondern nur eine Vorentladung. Wenn sich dieser Strahl dem Boden nähert, wirkt sein elektrisches Feld anziehend auf die Ladungen im Boden, der Boden reagiert auf den großen Überschuss an elektrischen Ladungen, der entlang des Blitzkanals heruntergekommen ist.

Aus einigen Objekten am Boden entwickeln sich kleine leuchtende Plasmafäden, die der von oben kommenden Ladung entgegenwachsen. Aber nur einer der Fäden stellt einen Kontakt her, der dann wirklich zum Rückschlag führt, zu einer Entladung mit 10 000 A. Der Teil des Kanals, der dem Boden am nächsten ist, entlädt sich zuerst. Dann steigt der Blitz höher und höher, folgt dabei den Verzweigungen und erreicht schließlich die Wolke selbst. Der sichtbare Blitz verläuft also vom Boden zur Wolke, während die Entladung von der Wolke zum Boden verläuft mit etwa einem drittel der Lichtgeschwindigkeit. Die positiv geladenen Plasmafäden existieren dabei nur für den Bruchteil einer Sekunde. 6