Übungsblatt 3

Besprechung am 22.05.2017

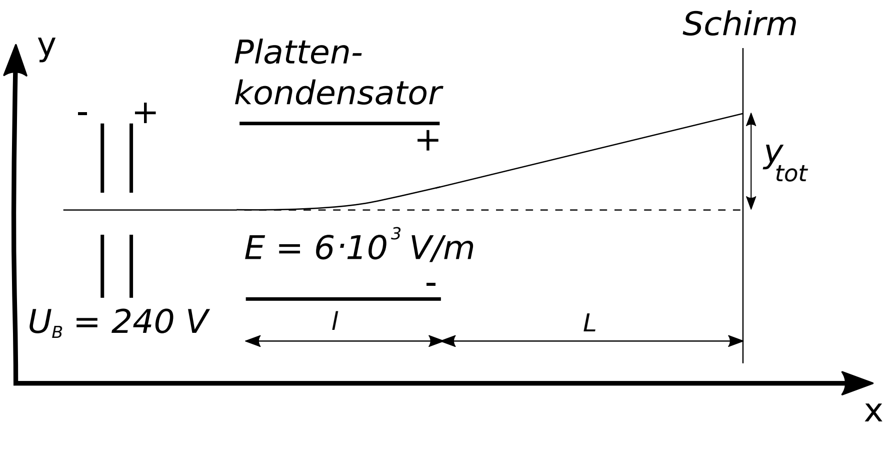
Aufgabe 1

Ablenkung im elektrischen Feld.

a) Ein Elektron habe die Anfangsgeschwindigkeit $0\frac{m}{s}$. Welche Geschwindigkeit hat es nach Durchlaufen der Beschleunigungsspannung $U_B = 240\,V$?

b) Anschließend durchläuft das Elektron einen Plattenkondensator der Länge l. Dabei wird es in y-Richtung abgelenkt. Welche Beschleunigung erfährt das Elektron in y-Richtung, wenn die Feldstärke im Plattenkondensator $E = 6 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$ beträgt?

c) Das Elektron trifft nun auf einen Schirm, der sich im Abstand L hinter dem Plattenkondensator befindet. Leiten Sie einen allgemeinen Ausdruck für die gesamte Ablenkung y_{tot} des Elektrons her.



Lösung

a)

$$E_{el} = E_{kin} \Rightarrow qV = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v_x = \sqrt{\frac{2q \cdot U_B}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 240\,V}{9.1 \cdot 10^{-31}\,kg}} = 9.19 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

b)

$$F = F_{el} \Rightarrow a_y \cdot m = q \cdot E$$
$$a_y = \frac{q \cdot E}{m} = \frac{1.6 \cdot 10^{19} C \cdot 6 \cdot 10^3 \frac{V}{m}}{9.1 \cdot 10^{-31} kg} = 1.05 \cdot 10^{15} \frac{m}{s^2}$$

c) Innerhalb des Kondensators durchläuft das Elektron eine Parabelbahn, nach Verlassen des Kondensators eine Gerade. In x-Richtung bleibt die Geschwindigkeit immer die selbe $v = \frac{x_0}{t}$. Um die y-Ablenkung anzugeben, teilen wir auf in y_1 (innerhalb des Kondensators) und y_2 (außerhalb des Kondensators), sodass $y_{tot} = y_1 + y_2$

$$y_1 = \frac{1}{2} \cdot a_y \cdot t_1^2$$
$$y_2 = v_y \cdot t_2 = a_y \cdot t_1 \cdot t_2 \text{ wobei } t_1 = \frac{l}{v_x} \text{ und } t_2 = \frac{L}{v_x}$$

wir setzen diese Formeln zusammen mit den Ausdrücken für v_x und a_y aus a) ein und so ergibt sich

$$y_{tot} = \frac{El}{2U_B}(\frac{1}{2}l + L)$$

Aufgabe 2

Elektrische Ladung in einer Gewitterwolke. In dieser Aufgabe wollen wir die Ladungstrennung in einer Gewitterwolke als angenäherten Plattenkondensator betrachten. Nehmen Sie an, dass sich in der Wolke eine Spannung von $U = 40$ MV aufgebaut hat und sich durch einen elektrischen Durchlag (Blitz) entläd. Der Blitz transportiert dabei die Ladung $Q = 10$ C und dauert 10^{-4} s.

a) Recherchieren Sie, wie es zur Ladungstrennung in einer Gewitterwolke kommt.

b) Welche elektrische Energie ist in der Wolke gespeichert?

c) Wie viele Standard-Batterien $(1,5\,V)$ bräuchte man, um dieselbe Energie zu speichern?

Lösung:

a) Aufgrund der negativen Ladung des Erdbodens tritt Influenz in den Regentropfen und Eiskristallen der Atmosphäre auf. Die Partikel haben also auf ihrer Oberseite einen negativen Ladungsüberschuss, auf ihrer unteren Seite einen positiven Ladungsüberschuss. Je nach dem Gewicht der Partikel werden nun die leichten Tropfen/Kristalle aufgrund der Aufwinde nach oben transportiert und nehmen vor allem positive Ladungen mit nach oben. Die schweren Tropfen/-Kristalle fallen nach unten und sammeln die negativen Ladungen in der Wolke ein. Die Wolke hat somit oben einen positiven Ladungsüberschuss und unten einen negativen Ladungsüberschuss. Es findet ein Ladungsaustausch statt (Wolkenblitz). (Erklärung nach Demtröder; Beachten Sie, dass viele weitere Effekte eine Rolle spielen können und Gewitterentstehung immer noch nicht vollständig geklärt ist.)

b)

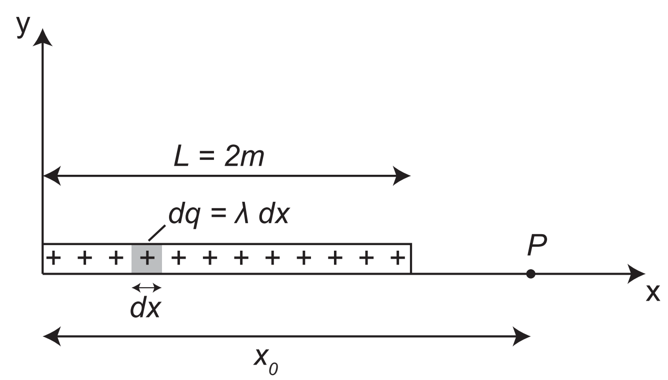
$$W = IUt = 10^5 A \cdot 40 MV \cdot 10^{-4} = 400 MWs$$

c)

$$W_{Batterie} = Q \cdot U = 10C \cdot 1.5V = 15J$$
$$n = \frac{W}{W_{Batterie}} = 27 \cdot 10^6$$

Aufgabe 3

Linienladung. Finden Sie einen analytischen Ausdruck für das elektrische Feld am Punkt P, das durch eine homogene Linienladung (Gesamtladung Q und Länge L) erzeugt wird, siehe Abbildung 3. Wie groß ist das elektrische Feld, wenn $P = (6m; 0)$, $L = 2m$ und $Q = 10\mu C$ sind.
Hinweis: Linienladung $\lambda = \frac{Q}{L}$ und $r = x_0 - x$, $dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$



Lösung:

$$dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$dq = \lambda dx \text{ und } r = x_0 - x \Rightarrow dE = \frac{\lambda dx}{\pi\epsilon_0 (x_0 - x)^2}$$

$$E = \int_0^L \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{(x_0 - x)^2} = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{(x_0 - x)} \right]_0^L = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{(x_0 - L)} - \frac{1}{x_0} \right)$$

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{L}{x_0(x_0 - L)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{x_0(x_0 - L)}$$

$$E = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}} \frac{10 \cdot 10^{-6} C}{6m(6m - 2m)} = 3.75 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$$