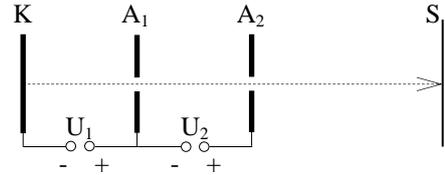


Geladene Teilchen im elektrischen Längsfeld

- Von der negativen Platte eines Plattenkondensators mit $d=10\text{cm}$ lösen sich Elektronen ($v_0=0$) ab und werden im elektrischen Feld bei angeschlossener Spannung $U_B=150\text{V}$ beschleunigt.
 - Berechnen Sie die elektrische Kraft, die die Elektronen erfahren und ihre Beschleunigung.
 - Mit welcher Geschwindigkeit erreichen die Elektronen die positive Platte? Wie groß ist ihre Bewegungsenergie?
 - Bei welcher Spannung am Kondensator besitzen die Elektronen eine Geschwindigkeit von genau $1,0 \cdot 10^4 \text{ km/s}$
- Geben Sie die Bewegungsenergie eines Elektrons bei $U_B=500\text{V}$ ($1,5\text{kV}$) in eV und in J an (Es gelte $v_0=0$).
 - Wie groß ist die Bewegungsenergie eines Elektrons mit $E=5,6 \cdot 10^{-18}\text{J}$ in eV? Wie groß war U_B ?
 - Berechnen Sie die Geschwindigkeiten von Elektronen mit den Bewegungsenergien von 1eV (50eV , 2keV).
 - Welche Geschwindigkeiten haben Protonen bzw. α -Teilchen ($m_\alpha=6,64 \cdot 10^{-27}\text{kg}$) bei den Bewegungsenergien von c)?
 - Bei welcher Beschleunigungsspannung müssten Elektronen Lichtgeschwindigkeit erreichen?
Beurteilen Sie das Ergebnis.

- An einer Glühkathode K werden Elektronen mit $v_0=0$ emittiert. Diese durchlaufen die beiden Anoden A_1 und A_2 und treffen nachfolgend auf dem Schirm S auf. Zunächst gelte:

$$\begin{aligned} KA_1 &= 2\text{cm}; & KS &= 15\text{cm}; \\ U_1 &= 300\text{V}; & U_2 &= 0 \end{aligned}$$



- Berechnen Sie die elektrische Feldstärke E_1 , die elektrische Feldkraft F_1 und die Geschwindigkeit v_1 , die die Elektronen beim Passieren der Anode A_1 besitzen.
- Wie verhalten sich die Elektronen hinter der Anode A_1 ?
Berechnen Sie die Gesamtzeit der Bewegung von der Kathode bis zum Erreichen des Schirms S.
- U_2 beträgt jetzt 50V . Welche Energie und Geschwindigkeit v_2 besitzen die Elektronen an der Anode A_2 ?
- U_2 wird umgepolt. Was passiert und wie groß ist die Geschwindigkeit der Elektronen jetzt an A_2 ?
- Der Abstand A_1A_2 beträgt ebenfalls 2cm , die Spannung $U_2=400\text{V}$ mit dem Minuspol an A_2 .
Beschreiben Sie das Verhalten der Elektronen.
Wie weit können sich die Elektronen in das Feld zwischen A_1 und A_2 hinein bewegen?

Lösungen:

- $F = E \cdot q = E \cdot e = \frac{U}{d} \cdot e = \frac{150\text{V}}{0,1\text{m}} \cdot e = 2,4 \cdot 10^{-16}\text{N}$ $a = \frac{F}{m_e} = 2,64 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
 - $v = \sqrt{2 \cdot a \cdot s} = 7,26 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $E_{kin} = \frac{m_e}{2} \cdot v^2 = 2,4 \cdot 10^{-17}\text{J}$
 $v = \sqrt{\frac{2 \cdot U \cdot e}{m_e}}$ $E_{kin} = U \cdot e$

Aus der Ruhelage heraus beträgt die Energie im elektrischen Feld $150\text{eV} = 2,4 \cdot 10^{-17}\text{J}$

 - $E_{kin} = \frac{m_e}{2} \cdot v^2 = \frac{m_e}{2} \cdot \left(1 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 4,55 \cdot 10^{-17}\text{J}$ $U = \frac{v^2 \cdot m_e}{2 \cdot e}$ $U = 284,3\text{V}$
- $E(500\text{V}) = 500\text{eV} = 8 \cdot 10^{-17}\text{J}$ $E(1,5\text{kV}) = 1,5\text{keV} = 2,4 \cdot 10^{-16}\text{J}$
 - $5,6 \cdot 10^{-18}\text{J} = 34,95\text{eV}$ $U = 34,95\text{V}$
 - $E_{kin} = U \cdot e = \frac{m}{2} v^2$ $v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$ $v(1\text{eV}) = 5,95 \cdot 10^5 \text{m/s}$ $v(50\text{eV}) = 4,19 \cdot 10^6 \text{m/s}$ $v(2\text{keV}) = 2,65 \cdot 10^7 \text{m/s}$
 - Proton: $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ $v(1\text{eV}) = 1,38 \cdot 10^4 \text{m/s}$ $v(50\text{eV}) = 9,79 \cdot 10^4 \text{m/s}$ $v(2\text{keV}) = 6,19 \cdot 10^5 \text{m/s}$
 α -Teilchen: $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ $v(1\text{eV}) = 6,95 \cdot 10^3 \text{m/s}$ $v(50\text{eV}) = 4,91 \cdot 10^4 \text{m/s}$ $v(2\text{keV}) = 3,11 \cdot 10^5 \text{m/s}$
 - $E = \frac{m}{2} c^2 = 4,09 \cdot 10^{-14}\text{J} = 2,56 \cdot 10^5\text{V}$

Mit steigender Geschwindigkeit steigt die Masse des Elektrons relativistisch an. $m \rightarrow \infty$
Es kann nicht mit der Ruhemasse gerechnet werden. Elektronen können die Lichtgeschwindigkeit nicht erreichen.

- $E = \frac{U}{d} = \frac{U_1}{KA_1} = \frac{300\text{V}}{0,02\text{m}} = 1,5 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ $F = E \cdot e = 2,4 \cdot 10^{-15}\text{N}$ $v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 1,03 \cdot 10^7 \text{m/s}$
 - Elektronen werden nach der Anode nicht mehr beschleunigt und bewegen sich gleichförmig weiter.
beschleunigte Bewegung: $s = \frac{a}{2} t_1^2 = \frac{F}{2m} t_1^2$ $t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot m}{F}} = 3,9 \cdot 10^{-9}\text{s} = 3,9\text{ns}$
gleichförmige Bewegung: $s = v \cdot t_2$ $s = 0,13\text{m}$ $t_2 = \frac{s}{v} = 1,26 \cdot 10^{-8}\text{s}$
Gesamtzeit: $t_{ges} = 1,65 \cdot 10^{-8}\text{s}$
 - $E = E_1 + E_2 = 300\text{eV} + 50\text{eV} = 350\text{eV}$ $v = 1,11 \cdot 10^7 \text{m/s}$
 - Elektronen werden abgebremst, die Energie wird kleiner. $E = 250\text{eV}$ $v = 9,38 \cdot 10^6 \text{m/s}$
 - Die Elektronen treten in das zweite Feld ein, werden abgebremst und bewegen sich zurück zur Anode A_2 .
 $s = \frac{v^2 \cdot m \cdot d}{2 \cdot U \cdot e} = 0,015\text{m} = 1,5\text{cm}$ $\frac{3}{4}$ der Strecke im Feld 2 (danach ist die Energie „verbraucht“)