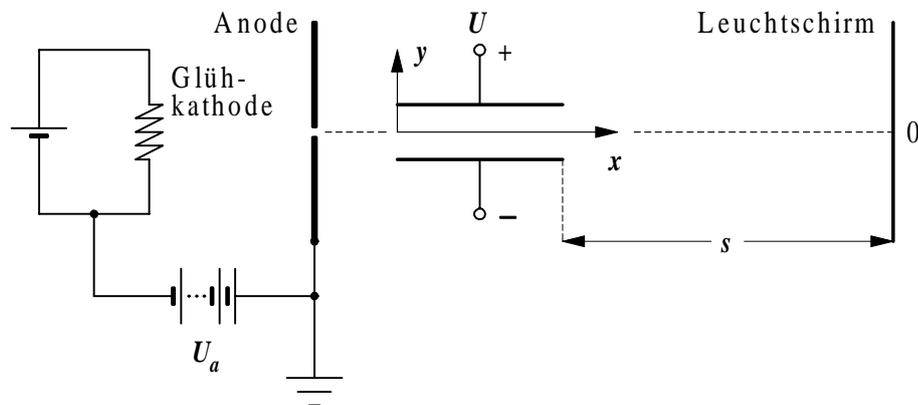


- 5 BE 1. Nach dem Rutherford'schen Atommodell wird beim Wasserstoff-Atom ein Proton als Atomkern von einem Elektron umkreist. Welche Kraft wirkt zwischen Elektron und Proton bei einem Elektronen-Bahnradius von $r = 0,53 \cdot 10^{-10}$ m?
2. Aus einer Glühkathode treten Elektronen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit aus, durchlaufen die Beschleunigungsspannung U_a und treten längs der gezeichneten x -Achse in einen Ablenkkondensator ein. Dessen quadratische Platten haben eine Seitenlänge von $l = 3,0$ cm und einen Abstand von $d = 1,0$ cm. Das elektrische Feld soll auf den Innenbereich des Kondensators beschränkt und als homogen angesehen werden. Im Abstand $s = 15$ cm hinter dem Kondensator befindet sich ein Leuchtschirm. Die Spannung U_a wird so eingestellt, dass die Elektronen auf die Geschwindigkeit $v_x = 2,3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beschleunigt werden. Die Spannung am Ablenk-Kondensator beträgt $U = 200$ V.



- 4 BE a) Berechnen Sie U_a .
- 6 BE b) Berechnen Sie die Verweildauer der Elektronen im elektrischen Feld des Ablenk-Kondensators und den Abstand der Elektronen von der x -Achse beim Verlassen des Kondensators.
- 5 BE c) Zeigen Sie durch Rechnung, dass die Elektronen den Ablenk-Kondensator unter einem Winkel von $\alpha = 11^\circ$ gegen die Horizontale verlassen.
- 4 BE d) Bestimmen Sie die y -Koordinate des Leuchtpunkts auf dem Schirm.
- 4 BE e) Berechnen Sie die Ladung auf der oberen Ablenkplatte.
3. Erläutern Sie die Schwebemethode des Millikanschen Öltröpfchenversuchs. Gehen Sie dabei insbesondere ein
- 4 BE a) auf die Versuchsdurchführung,
- 4 BE b) auf **alle** Größen, die in das Ergebnis einfließen,
- 2 BE c) auf die Versuchsergebnisse,
- 4 BE d) auf die Problematik bei der Schwebemethode und durch welche Versuchsabwandlung man sie meistern kann.

Führen Sie **keine Berechnungen** durch!

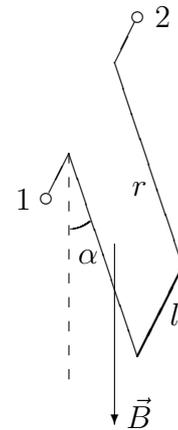
4. Eine Leiterschaukel der Länge $l = 6,0 \text{ cm}$ und Masse $m = 20 \text{ g}$ hängt an $r = 12 \text{ cm}$ langen Zuleitungen vernachlässigbarer Masse in einem lotrecht nach unten gerichteten homogenen Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,12 \text{ T}$. Durch die Leiterschaukel fließt ein Strom $I = 8,0 \text{ A}$. Der Anschluss 1 befindet sich im Vordergrund der Zeichnung.

2_{BE}

a) Mit welchem der Anschlüsse 1 oder 2 muss der Pluspol der Stromquelle verbunden werden, damit die Auslenkung wie in der Skizze erfolgt?

6_{BE}

b) Um welchen Winkel α wird die Leiterschaukel ausgelenkt?



5 BE 1. geg.: $r = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.

Coulombkraft:

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} = \frac{(1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \cdot (0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m})^2} = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ N}$$

2. geg.: $l = 3,0 \text{ cm}$, $d = 1,0 \text{ cm}$, $s = 15 \text{ cm}$, $v_x = 2,3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $U = 200 \text{ V}$, $\alpha = 11^\circ$.

4 BE a) Energieerhaltung:

$$\begin{aligned} E_{\text{kin}} &= E_{\text{el}} \\ \frac{1}{2}mv_x^2 &= U_a e \\ U_a &= \frac{mv_x^2}{2e} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (2,3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 1506 \text{ V} = 1,5 \text{ kV} \end{aligned}$$

6 BE b) x -Richtung:

$$v_x = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v} = \frac{0,030 \text{ m}}{2,3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

y -Richtung:

$$\begin{aligned} F_{\text{el}} &= m \cdot a \Rightarrow a = \frac{F_{\text{el}}}{m} = \frac{Ee}{m} = \frac{Ue}{dm} \\ y_1 &= \frac{a}{2}t^2 = \frac{Uet^2}{2dm} = \frac{200 \text{ V} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot (1,3 \cdot 10^{-9} \text{ s})^2}{2 \cdot 0,010 \text{ m} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 3,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

5 BE c) y -Geschwindigkeit:

$$v_y = at = \frac{Uet}{dm} = \frac{200 \text{ V} \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ s}}{0,010 \text{ m} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}} = 0,46 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Zusammenhang zwischen den Komponenten:

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{0,46 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,3 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,20 \Rightarrow \alpha = 11^\circ$$

4 BE d) Trigonometrische Betrachtung nach dem Verlassen des Kondensators:

$$\begin{aligned} \frac{y_2}{s} &= \tan \alpha \Rightarrow y_2 = s \tan \alpha = 15 \text{ cm} \cdot 0,20 = 3,0 \text{ cm} \\ y_{\text{ges}} &= y_1 + y_2 = 3,0 \text{ mm} + 3,0 \text{ cm} = 3,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

4 BE e) Mit der Kapazität $C = \frac{Q}{U}$ des Plattenkondensators:

$$\begin{aligned} Q &= CU = \epsilon_0 \frac{A}{d} U = \epsilon_0 \frac{l^2}{d} U \\ &= 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}}{\text{Vm}} \cdot \frac{(0,030 \text{ m})^2}{0,010 \text{ m}} \cdot 200 \text{ V} = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ C} \end{aligned}$$

- 4 BE 3. a) In einen Plattenkondensator werden durch Zerstäuben kleine Öltröpfchen gebracht, von denen die meisten durch das Zerstäuben geringfügig geladen sind. Durch Anlegen eines geeigneten Feldes wird jeweils ein Tröpfchen zum Schweben gebracht. Die Tröpfchen im Kondensator können über ein Mikroskop mit Längenskala beobachtet werden.
- 4 BE b) Bekannt sein müssen
- der Plattenabstand des Kondensators,
 - die Dichte des Öls,
 - (die Erdbeschleunigung).
- Gemessen werden müssen jeweils
- die angelegte Spannung,
 - der Radius des Öltröpfchens.
- 2 BE c) Die Versuche zeigen, dass alle Öltröpfchen ein ganzzahliges Vielfaches der Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ tragen.
- 4 BE d) Problematisch ist, dass die Brownsche Bewegung den Schwebevorgang stört, und dass der Radius der Tröpfchen mit dem Mikroskop nicht messbar ist (Submikroskopische Größe).

Zur Lösung dieser Probleme lässt man die Öltröpfchen durch Umpolen des Feldes jeweils auf- und absteigen und misst die Geschwindigkeiten.

4. geg.: $l = 6,0 \text{ cm}$, $r = 12 \text{ cm}$, $m = 20 \text{ g}$, $I = 8,0 \text{ A}$, $B = 0,12 \text{ T}$.

- 2 BE a) Nach der Drei-Finger-Regel der rechten Hand muss Anschluss 2 mit dem Pluspol der Stromquelle verbunden werden.
- 6 BE b) Lorentzkraft auf den Leiter:

$$F_L = BIl = 0,12 \text{ T} \cdot 8,0 \text{ A} \cdot 0,060 \text{ m} = 0,058 \text{ N}$$

Aus dem Kräfte diagramm entnimmt man:

$$\tan \alpha = \frac{F_L}{F_g} = \frac{F_L}{mg} = \frac{0,058 \text{ N}}{0,020 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 0,30$$

$$\Rightarrow \alpha = 17^\circ$$

