

### **1. Aufgabe - Der Versuch von Millikan (50 Punkte)**

#### *Millikan*

*Robert Andrews, amerikanischer Physiker, \*Morrison (Illinois) 22.3.1868, Pasadena (Kalifornien) 19.12.1953; bestimmte ab 1911 in mehreren Versuchen als Erster die Ladung des Elektrons (elektrische Elementarladung) aus der Fallgeschwindigkeit geladener Öltröpfchen im elektrischen Feld (Millikan-Versuch), bestätigte das einsteinsche Gesetz für den Photoeffekt und bestimmte damit den Wert des planckschen Wirkungsquantums, arbeitete über UV- und Röntgenstrahlung. 1923 erhielt Millikan für seine Präzisionsmessungen den Nobelpreis für Physik.*

*© 2003 Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG*

- Skizziere und erläutere den historischen Versuch von Millikan (nur „freier Fall“, nicht „Umpolung“!) zur Bestimmung der Elementarladung. Leite kommentiert für den „Schwebezustand“ der Tröpfchen die folgende Beziehung her: (14P)

$$\frac{m \cdot g \cdot d}{U} = q$$

- Der Plattenabstand beträgt  $d=6\text{mm}$ . Berechne im Kondensator die Feldstärke  $E$ , wenn eine Spannung von  $300\text{V}$  anliegt und berechne die wirkende Kraft auf ein Öl-Tröpfchen mit einer angenommenen Ladung von  $q=5e$ . (6P)
- Der im Experiment verwendete Plattenkondensator hat einen Plattenabstand von  $d=6\text{mm}$ , einen Plattendurchmesser von  $12\text{cm}$  und ist mit Luft gefüllt ( $\epsilon_r \approx 1$ ). Beim Aufladen liegt eine Spannung von  $U_C=300\text{V}$  an. Berechne seine Kapazität  $C$ , die auf ihm gespeicherte Ladung  $Q$  und die Flächenladungsdichte  $\sigma$ . (6P)
- In einem nachfolgenden Experiment wird der Kondensator nun
  - von der Spannungsquelle abgekoppelt und auf  $d=4\text{mm}$  zusammengeschoben.
  - an der Spannungsquelle belassen und auf  $d=4\text{mm}$  zusammengeschoben.

Berechne in beiden Fällen die auf ihm gespeicherte Ladung  $Q$ , die Flächenladungsdichte  $\sigma$  und die Spannung  $U$  zwischen den Platten. (12P)

- Folgende Messwerte sind im Unterricht experimentell gewonnen (Anordnung wie in Teil 2) und bereits vor-ausgewertet worden. Berechne daraus die Ladungen und interpretiere das Ergebnis im Sinne von Millikan. Gehe dabei von einer Mess-Ungenauigkeit von 10% aus und vergleiche die berechneten Ladungen mit dem Literaturwert von  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C}$ . (12P)

Masse der Öl-Tropfen in $10^{-16}\text{kg}$ :	8,5	5,25	13,3	13,2
Schwebespannung in Volt:	32	178	156	60

## 2. Aufgabe - Die Braunsche Röhre (50 Punkte)

### *Elektronenstrahlröhre*

(*Kathodenstrahlröhre*), aus der braunschen Röhre weiterentwickelte evakuierte oder mit geringen Gasmengen gefüllte Elektronenröhre, bei der die von der Glühkathode emittierten Elektronen durch elektrostatische oder magnetische Felder gebündelt werden, auf einen Leuchtschirm (Bildschirm) gelenkt und dort als Elektronenstrahl sichtbar gemacht werden; angewendet als Fernsehbildröhre (Bildröhre), als Oszilloskopröhre (Oszilloskop) und an Bildschirmgeräten.

© 2003 Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG

1. Zeichne das Schaltbild (schematisch) für die „Braunsche Röhre“, benenne die Komponenten und erläutere deren Funktion. (10P)
2. Berechne die kinetische Energie in eV und in J sowie die Geschwindigkeit von Elektronen nach dem Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung von  $U_B=1000\text{V}$  (zur Kontrolle und für die folgenden Aufgaben:  $v=18,8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ). (6P)
3. Obige Elektronen ( $U_B=1000\text{V}$ ) treten nun nach einer kurzen Freiflugphase mittig in einen Ablenkkondensator ein. Dessen Ablenkspannung beträgt  $U_A=400\text{V}$ , der Plattenabstand  $d=30\text{mm}$ , seine Länge  $l=6\text{cm}$ . Im Abstand von 12cm hinter dem Ablenkkondensator befindet sich der Leuchtschirm. Wähle als Koordinatenursprung den Eintrittspunkt, als x-Achse die Horizontale und als y-Achse die Vertikale in Richtung zur positiv geladenen Kondensatorplatte.
  - a. Leite für den Flug IM ABLENKKONDENSATOR kommentiert die Beziehung  $y(x) \sim x^2$  her, wenn x die zurückgelegte Strecke im Kondensator ist. (6P)
  - b. Beschreibe die Bewegung der Elektronen in den 4 Flugintervallen. (8P)
  - c. Berechne mit obigen Angaben zur Geometrie die Auslenkung a (gemessen gegen die Kondensatormitte!) und den Geschwindigkeitsvektor beim Aufprall auf dem Schirm. (6P)
  - d. Berechne die maximal mögliche Ablenkspannung, bei der die Elektronen noch aus dem Kondensator austreten können. (4P)
4. In einem Demonstrationsexperiment zeigt der Physiklehrer seinen Schülern die Arbeitsweise der Braunschen Röhre. Leider verfügt die Sammlung nur über eine geeignete Hochspannungsquelle.  $U_A$  und  $U_B$  sind also gleich! Doch egal, welche Spannung eingestellt wird – die Bahn bleibt gleich... Begründe dieses Ergebnis. (6P)
5. Betrachte nun eine CRT („Kathodenstrahlröhre“), deren Zeilengenerator eine Sägezahnspannung an den Ablenkkondensator anlegt. Beschreibe die resultierende Bahn des Leuchtpunktes auf dem Schirm (Geometrie s. oben,  $U_B=1000\text{V}$ ). (4P)

