

### **1. Aufgabe - Der Versuch von Millikan (40 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*

1. Skizziere und erläutere den historischen Versuch von Millikan zur Bestimmung der Elementarladung. Gehe dabei besonders auf die experimentellen Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Tröpfchenmasse ein. Leite kommentiert die Beziehung 
$$\frac{m \cdot g \cdot d}{U} = q$$
 für den „Schwebezustand“ der Tröpfchen her. (15P)
2. Der Plattenabstand beträgt  $d=6\text{mm}$ . Berechne im Kondensator die Feldstärke  $E$ , wenn eine Spannung von  $300\text{V}$  anliegt. Zeige dabei, dass die Einheiten  $\text{V/m}$  und  $\text{N/C}$  identisch sind. Berechne die wirkende Kraft auf ein Tröpfchen mit einer angenommenen Ladung von  $q=5e$ . (5P)
3. Erläutere anhand einer Skizze, wie der Feldlinienverlauf des elektrischen Feldes im Kondensator aussieht (Richtung!). Begründe, warum sich Feldlinien nie schneiden können und warum sie auf Metalloberflächen (Tipp: quasi unendlich gute Leiter) immer senkrecht stehen. Erläutere die Begriffe „Quellen“ und „Senken“ für das elektrische Feld. (10P)
4. Folgende Messwerte sind experimentell gewonnen und bereits teilweise ausgewertet worden. Berechne die beiden fehlenden Ladungen und interpretiere das Ergebnis im Sinne von Millikan. (10P)

Laufende Nr.:	Radius $r$ in $10^{-7}\text{m}$	Schwebespannung $U$ in Volt	Berechnete Ladung $q$ in $10^{-19}\text{C}$
1	1,5	4,5	
2	4,0	41,6	
3	9,1	337,3	4,81
4	3,1	40,6	1,58
5	5,5	109,6	3,27

5. Ein Schüler (natürlich aus dem Parallelkurs ☺) wird über eine Hochspannungsquelle aufgeladen. Er nimmt dabei eine Ladung von 1mC auf. Der Kondensator wird etwas größer dimensioniert - der Plattenabstand beträgt nun 2m, der Plattendurchmesser sogar 3m. Berechne die erforderliche Spannung, um den Schüler der Masse 50kg „schweben“ zu lassen und kommentiere das Ergebnis. Berechne ebenfalls die Kapazität dieses Kondensators (ohne Schüler, also luftgefüllt) und die dann vorhandene Ladung auf seinen Platten. (10P)

## **2. Aufgabe - Die Braunsche Röhre (40 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. Berechne die kinetische Energie in eV und in J sowie die Geschwindigkeit von Elektronen nach dem Durchlaufen einer Beschleunigungsspannung von  $U_a=1000V$  (zur Kontrolle und für die folgenden Aufgaben:  $v=18,8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ). (5P)
2. Obige Elektronen treten nun nach einer kurzen Freiflugphase mittig in einen Ablenkkondensator ein. Dessen Ablenkspannung beträgt  $U=400V$ , 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. (10P)
  - b. Zeichne (Maßstabsgetreu! Operator beachten!!! Gemeint ist KEINE SKIZZE!!!) und erläutere die Bahnkurve eines Elektrons unter obigen Bedingungen vom Eintreten in den Ablenkkondensator bis zum Auf treffpunkt auf dem Schirm. (10P)
  - c. Berechne mit obigen Angaben zur Geometrie und zum Koordinatensystem den Geschwindigkeitsvektor beim Aufprall. Vergleiche dessen Betrag mit der insgesamt durchlaufenen Spannung. (10P)
  - d. Berechne die maximal mögliche Ablenkspannung, bei der die Elektronen noch aus dem Kondensator austreten können. (5P)

**Hinweise:**

Dielektrizitätskonstante des freien Raums:  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Asec/Vm}$

Dichte des Millikan-Öls, korrigiert um Auftrieb in Luft:  $\rho_{\text{öl}} = 874.3 \text{ kg/m}^3$

Erdbeschleunigung:  $g = 9.81 \text{ m/sec}^2$

Elementarladung  $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Elektronenmasse  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

😊 😊 😊 Viel Spaß! 😊 😊 😊

Musterlösung zur 1. Physik - Klausur 12.1

Aufgabe 1

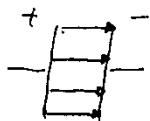
1.) siehe Mitschrift

$$2.) E = \frac{U}{d} = \frac{300V}{6 \cdot 10^{-3}m} = 50 \frac{V}{m}$$

$$\left[ \frac{V}{m} \right] = \left[ \frac{J/C}{m} \right] \cdot \left[ \frac{N \cdot m}{m \cdot C} \right] = \left[ \frac{N}{C} \right] \text{ geod}$$

$$U = \frac{W}{Q} \quad J = N \cdot m$$

3.)



- von "+" nach "-"
- äquidistant + parallel  $\Rightarrow$  homogen
- Felder addieren sich zu einem Gesamtfeld, immer ein Feld
- tangentiale Komponenten verhindern Ladungen, bis sie feldfrei

$$4.) F_G = F_E \Leftrightarrow mg = q \cdot E \Leftrightarrow mg = q \frac{U}{d}$$

kräftegleichgew. per def homogenes Feld

$$\Leftrightarrow q = \frac{mgd}{U}$$

$$5.) U = \frac{mgd}{q} = \frac{50 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 3 \text{ m}}{10^{-3} \text{ C}} = 150 \cdot 9,81 \text{ kV}$$

$$= \underline{\underline{1,4715 \text{ MV}}} \quad \text{unrealistisch hoch}$$

Aufgabe 2

$$1.) \quad E_{kin} = 1 \text{ keV} = 1,602 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_{kin}}{m}} = 18,76 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$2.) \quad a) \quad y(t) = \frac{1}{2} a t^2, \quad \text{konstante Kraft in } y\text{-Richtung}, \\ v_{y0} = 0$$

$$= \frac{1}{2} \frac{F}{m} t^2 = \frac{1}{2} \frac{eE}{m} t^2 = \frac{1}{2} \frac{eU}{md} t^2 \quad \begin{matrix} \text{homog.} \\ \text{Feld im} \\ \text{Platten-} \\ \text{kondensator} \end{matrix}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{eU}{md} \cdot \left( \frac{x}{v_x} \right)^2 \quad \begin{matrix} \text{da } v_x = \text{const.} \\ \text{d.h. } x = v_x \cdot t, \\ \text{wenn Ursprung am Kondensator-} \\ \text{platten an} \end{matrix}$$

$$\Rightarrow y(x) = \frac{eU}{2mdv_x^2} \cdot x^2 \sim x^2 \text{ Parabel!}$$

2.) b) Schritt 1 : Berechnung von mind. 5 Werten  $y(x)$

Schritt 2 : Berechnung Au/prall punkt ( $x = 6,7 \text{ cm}$ )

Schritt 3 : Zeichne das Kurve nach! Stabschreib!

zum Au/prall punkt:  $y(x) = \frac{d}{2} \Leftrightarrow \frac{eUx^2}{2mdv_x^2} = \frac{d}{2}$

$$\Leftrightarrow x = \sqrt{\frac{d^2 m v_x^2}{eU}} = \sqrt{\frac{m}{eU}} \cdot d \cdot v_x$$

$$= \underline{\underline{6,7 \text{ cm}}}$$

Frage 2. c)

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18,76 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \\ a \cdot t \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dots \\ \frac{eU}{md} \cdot \frac{x}{v_x} \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \dots \\ \frac{eU \cdot 6,7cm}{md \cdot v_x} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18,76 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \\ 8,37 \cdot 10^6 \frac{m}{s} \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 18,76 \\ 8,37 \end{pmatrix} \cdot 10^6 \frac{m}{s} \Rightarrow E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 \\ = \frac{1}{2} m (v_x^2 + v_y^2)$$

$$= 1,922 \cdot 10^{-16} J$$

$$= 1199,91 \text{ eV}$$

$$E_{kin} = 1200 \text{ eV} !$$

Das ist exakt "q \cdot U" !

$$U = 1000 \text{ V} + \frac{1}{2} \cdot 400 \text{ V} \dots$$