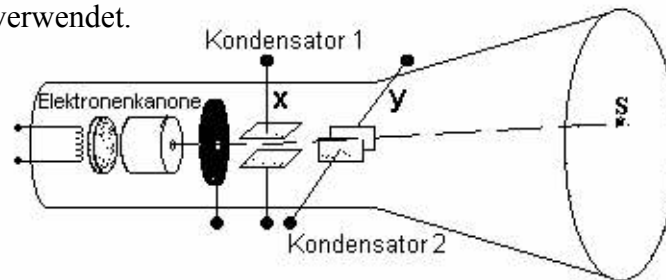


Die Braun'sche Röhre war der Vorläufer der heutigen Fernsehöhre. Sie bestand aus einer „Elektronenkanone“ und 2 kreuzförmig angeordneten Kondensatorplattenpaaren. In der Elektronenkanone wird mit Hilfe des glühelektrischen Effektes und einer Beschleunigungsstrecke ein dünner Elektronenstrahl erzeugt. Anders als bei der im Unterricht verwendeten Elektronenstrahlableitkröhre lässt sich in der Braun'schen Röhre der Elektronenstrahl in x und in y-Richtung ablenken. Dies geschieht mit Hilfe von 2 Plattenkondensatoren, die kreuzförmig angeordnet sind. Der Elektronenstrahl trifft auf einen Leuchtschirm, wo er einen leuchtenden Punkt erzeugt. Braun'sche Röhren werden heute noch in Oszillographen verwendet.



- a) Erkläre die Ablenkung des Elektronenstrahls durch einen der beiden Plattenkondensatorpaare. Welche Kraft spielt dabei eine Rolle und welche Kraft kann vernachlässigt werden?
- b) Leite ausgehend von der Bewegung für den schrägen Wurf die Bahnkurve des Elektronenstrahls in y-Richtung her und zeige, dass folgende Formel gilt:

$$s_y = \frac{U_C}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot s_x^2$$

Hinweis: Das s_y aus der Formel ist nicht identisch mit der y-Richtung in der Röhre, sondern bezieht sich auf die nach unten durch die Gravitation beschleunigte Richtung bei dem schrägen Wurf!

- c) Der Elektronenstrahl soll genau um 50% in die +y-Richtung ausgelenkt werden. Der Abstand der Kondensatorplatten beträgt 2,4cm. Die Länge des Kondensators ist 2cm. Nach dem Verlassen der Kondensatorplatten bewegt sich der Elektronenstrahl gradlinig weiter (diese Strecke soll hier nicht berücksichtigt werden). Zeichne ein 2-dimensionales Bild der Anordnung für die y-Komponente und berechne die Spannung am Kondensator der y-Komponente. Die Beschleunigungsspannung beträgt 1200V.
- d) Die Fernsehöhre besitzt eine Ablenkeinheit aus zwei sternförmig gekreuzten Spulen. Erkläre kurz, welche Kräfte der Braun'schen Röhre durch welche Kräfte in der Fernsehöhre ersetzt werden.

Verwendete Formeln für Aufgabe b

$$s_x = v_0 \cdot t$$

$$s_y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Schräger Wurf

$$F_{el} = e \cdot \frac{U_C}{d}$$

Elektrische Kraft
beim Plattenkondensator

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_B}{m_e}}$$

Geschwindigkeit des Elektrons
in der „Elektronenkanone“

Klausuraufgaben	Der Braunsche Röhre	© Jörn Schneider 2008
------------------------	----------------------------	--------------------------

- a) Die Elektronen fliegen durch ein homogenes elektrisches Feld. Auf jede Ladung wirkt im elektrischen Feld die elektrische Kraft ein. Da Elektronen negativ geladen sind, wirkt die Kraft Richtung Pluspol des Kondensators. Dadurch wird die gradlinige Flugbahn des Elektrons zum Pluspol hin gekrümmt. Vernachlässigt werden kann die Gravitation. Diese Kraft ist um viele Zehnerpotenzen kleiner als die elektrische Kraft.
- b) Das aus der Elektronenkanone austretende Elektron wird im elektrischen Feld des Plattenkondensators abgelenkt. Dabei wirkt die elektrische Kraft F_{el} auf das Elektron.

$$F_{el} = e \cdot \frac{U_C}{d}$$

mit e = Elementarladung, U_C = Potentialdifferenz am Kondensator, d = Plattenabstand

$$F_{el} = m_e \cdot a \Leftrightarrow a = \frac{F_{el}}{m_e} = \frac{e \cdot U_C}{d \cdot m_e} \quad \text{Gleichung 1}$$

mit m_e = Masse des Elektrons

Die Bahnkurve des Elektrons entspricht damit dem waagrechten Wurf aus der Mechanik. Wobei die Erdanziehungskraft hier durch die elektrische Kraft ersetzt wird. Die Bahnkurve lässt sich in zwei Komponenten zerlegen, die Bewegung in x und die Bewegung in y-Richtung.

$$s_x = v_0 \cdot t$$

$$s_y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Die Anfangsgeschwindigkeit v_0 wird in der Elektronenkanone erzeugt. Sie lässt sich mit folgender Formel berechnen.

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U_B}{m_e}} \quad \text{Gleichung 2}$$

Wir lösen die Gleichung für s_x nach t auf und setzen diese in die Gleichung für s_y ein.

$$s_x = v_0 \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{s_x}{v_0}$$

$$s_y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \frac{s_x^2}{v_0^2}$$

Wir setzen a aus Gleichung 1 und v_0 aus Gleichung 2 ein und erhalten:

$$s_y = \frac{1}{2} \frac{e \cdot U_C}{m_e \cdot d} \cdot \frac{m_e}{2 \cdot e \cdot U_B} \cdot s_x^2 \quad s_y = \frac{U_C}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot s_x^2$$

Die Bahnkurve ist damit nur von den messbaren Größen U_C , U_B und d abhängig.

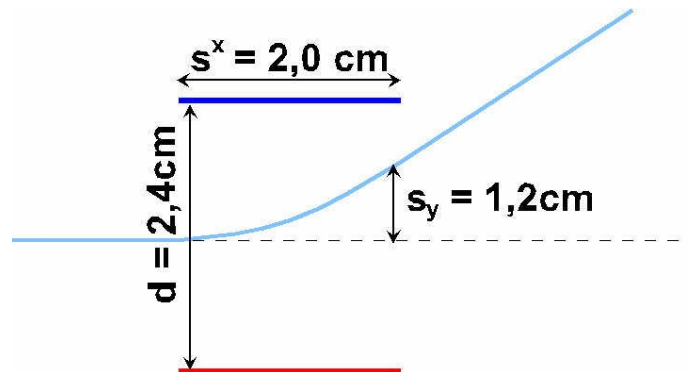
c) Folgende Größen lassen sich aus der Aufgabenstellung entnehmen:

$$s_x = 2\text{cm}$$

$$U_B = 1200\text{V}$$

$$d = 2,4\text{cm}$$

Gesucht wird U_C .



Aus dem Bild geht hervor, dass s_y genau $\frac{1}{4}$ des Kondensatorabstandes betragen muss, damit eine Auslenkung von 50% in die $+y$ -Richtung erfolgt. Damit lässt sich die Gleichung für s_y nach U_C auflösen:

$$s_y = \frac{U_C}{4 \cdot d \cdot U_B} \cdot s_x^2$$

$$\Rightarrow U_C = \frac{s_y \cdot 4 \cdot d \cdot U_B}{s_x^2} \text{ mit } s_y = \frac{d}{4}$$

$$U_C = \frac{d^2 \cdot U_B}{s_x^2}$$

$$U_C = \frac{2,4\text{cm}^2 \cdot 1200\text{V}}{2\text{cm}^2}$$

$$U_C = 1728\text{V}$$

d) Das elektrische Feld wird durch das Magnetfeld ersetzt. In diesem Feld erfahren bewegte Ladungen senkrecht zum Magnetfeld die Lorentzkraft. Je nach Magnetfeldrichtung kann die Ablenkrichtung durch die linke Hand Regel bestimmt werden.