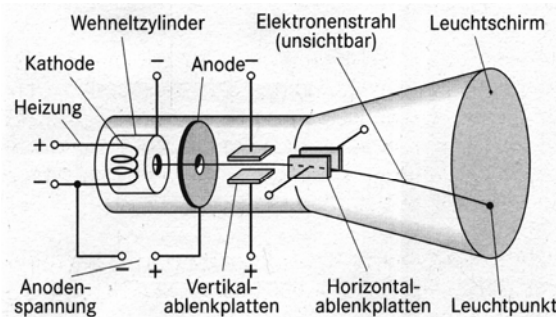


Braunsche Röhre – Bewegung von Ladungen im elektrischen Feld

Braunsche Röhre

- Verwendung in Oszilloskopen, Fernsehgeräten und Monitoren
- nach ihrem Erfinder K.F. Braun (1850 – 1918) benannt

Aufbau:



Aufbau einer braunschen Röhre

- evakuierte Röhre

Funktionsweise:

- Glühkathode wird geheizt \Rightarrow Elektronen treten aus
- Elektronen werden zur positiven Anode beschleunigt
- Geschwindigkeit der Elektronen hervorgerufen durch das elektrische Feld zwischen Glühkathode und Anode:

$$W_{el} = F_{el} \cdot d = E \cdot q \cdot \frac{U_A}{E} = q \cdot U_A = e \cdot U_A$$

$$\text{mit } E = \frac{F_{el}}{q} = \frac{U_A}{d}$$

W_{el} ... Energie des elektrischen Feldes

U_A ... Spannung zwischen Kathode und Anode

e Elementarladung (Ladung eines Elektrons)

d Abstand Anode – Kathode

E elektrisches Feld zwischen Anode und Kathode

$$W_{kin} = \frac{1}{2} m_e v^2$$

W_{kin} . kinetische Energie der Elektronen

m_e ... Masse der Elektronen

v Geschwindigkeit der Elektronen

$$W_{el} = W_{kin} \quad \Rightarrow \quad e \cdot U_A = \frac{1}{2} m_e v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2 \frac{e}{m_e} U_A}$$

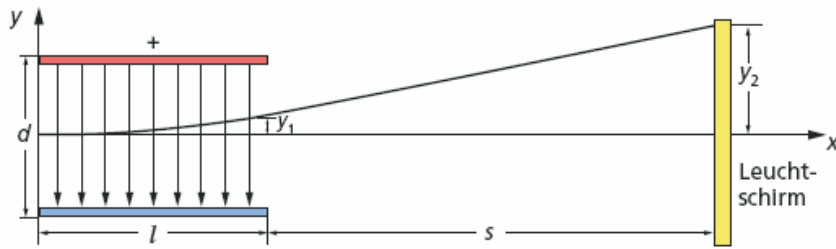
Die Elektronen gelangen mit der Geschwindigkeit $v = \sqrt{2 \frac{e}{m_e} U_A}$ zur Anode. Danach werden sie nicht mehr beschleunigt, halten also ihre Geschwindigkeit.

Bedingung: thermische Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen wird vernachlässigt

- Anode besteht aus Metallscheibe mit kreisrunder Öffnung in der Mitte
- wegen der Trägheit fliegen einige Elektronen durch das Loch und treffen auf den Leuchtschirm
- Wehneltzylinder (leicht negativ geladener Metallzylinder) bündelt den Elektronenstrahl \Rightarrow viele Elektronen werden durch das Loch der Anode gelenkt
- Ablenkung des Elektronenstrahls durch vertikal und horizontal angeordnete Kondensatorplatten

Ablenkung des Elektronenstrahls im elektrischen Feld

- gleichförmige Bewegung in x-Richtung: $x = v_x \cdot t$
- beschleunigte Bewegung in Richtung des elektrischen Feldes: $y = \frac{a_y}{2} t^2$
- Gleichförmige Bewegung in y-Richtung nach Verlassen des elektrischen Feldes



Bei der Ablenkung des Elektronenstrahls kann die Erdanziehungskraft vernachlässigt werden:

$$F_G = m_e \cdot g = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 100 \cdot 10^{-31} \text{ N} = 1 \cdot 10^{-29} \text{ N}$$

$$F_{el} = E \cdot q = \frac{U}{d} \cdot q = \frac{eU}{d} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \frac{250 \text{ V}}{1,5 \text{ cm}} \approx 1,5 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot \frac{250}{1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}} = 250 \cdot 10^{-17} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 2,5 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung im Feld des Ablenkplattenpaares

Beschleunigung a_y : $a_y = \frac{F_{el}}{m_e} = \frac{e \cdot E_y}{m_e} = \frac{e}{m_e} \cdot \frac{U_y}{d}$ mit $E = \frac{F_{el}}{q} = \frac{U_y}{d}$

Gleichförmige Bewegung in x-Richtung $x = v_x \cdot t$

Gleichmäßig beschleunigte Bewegung in y-Richtung

$$y = \frac{a_y}{2} t^2 \quad \Rightarrow \quad y = \frac{1}{2} \frac{e}{m_e} \cdot \frac{U_y}{d} t^2$$

$$y = \frac{a_y}{2v_x^2} \cdot x^2 \quad \Rightarrow \quad y = \frac{eU_y}{2m_e d} \cdot \frac{1}{v_x^2} \cdot x^2 = \frac{eU_y}{2m_e d} \cdot \frac{m_e}{2eU_A} \cdot x^2 = \frac{U_y}{4dU_A} \cdot x^2$$

Die Bahnkurve eines Elektrons, das senkrecht zu den Feldlinien in ein elektrisches Feld einfliegt, ist ein Parabelbogen. Die Ablenkung y ist proportional zur Ablenkspannung U_y und umgekehrt proportional zur Beschleunigungsspannung (Anodenspannung).

Nach dem Verlassen des elektrischen Feldes des Ablenkplattenpaares:

Gerade im x-y-Diagramm

$$y = f(x) = \frac{U_y}{4dU_A} \cdot x^2 \quad \Rightarrow \quad y_1 = f(l) = \frac{U_y}{4dU_A} \cdot l^2 \quad f'(x) = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot x$$

Anstieg der Geraden stimmt mit Anstieg der Parabel an der Stelle $x = l$ überein: $m = f'(l) = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot l$

Anstieg der Geraden über **Anstiegsdreieck**: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{s}$

Gleichsetzen: $\frac{y_2 - y_1}{s} = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot l$

$$\Rightarrow y_2 = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot l \cdot s + y_1 = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot l \cdot s + \frac{U_y}{4dU_A} \cdot l^2 = \frac{U_y}{2dU_A} \cdot l \cdot \left(s + \frac{l}{2} \right)$$