

Abitur - Grundkurs Physik

Sachsen-Anhalt 2008

Thema V1 – Ablenkung von Elektronen

1 Elektrisches Feld

In einer Elektronenstrahlröhre, die in Oszilloskopen Verwendung findet, werden Elektronen auf eine Geschwindigkeit v_0 beschleunigt. Sie treten senkrecht zum elektrischen Feld genau in der Mitte der Ablenkplatten ein. Der Leuchtschirm befindet sich $s = 250$ mm hinter den Ablenkplatten (Bild 1).

Daten:

$$v_0 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\ell = 40 \text{ mm}$$

$$d = 48 \text{ mm}$$

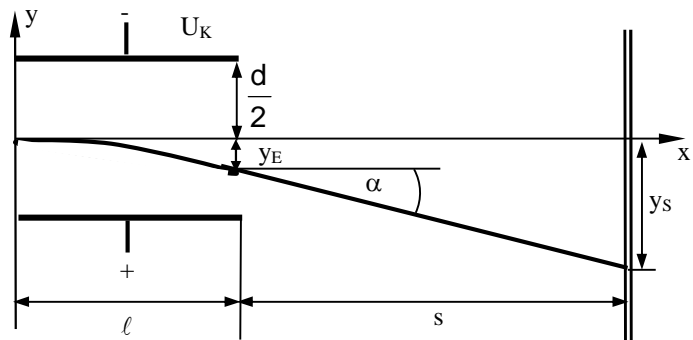
$$U_K = 240 \text{ V}$$

Für die Ablenkung im Kondensator gilt:

$$y = -\frac{e \cdot U_K}{2d \cdot v_0^2 \cdot m_e} x^2.$$

Berechnen Sie die Strecke y_E , um

die der Elektronenstrahl zur Horizontalen abgelenkt wird, und den Austrittswinkel α .



(Ergebnis zur Kontrolle: $y_E = -19,5$ mm, $\alpha = -44,3^\circ$)

2 Magnetisches Feld

Bei einer Elektronenstrahlröhre eines Fernsehgerätes erfolgt die Ablenkung des Elektronenstrahls in einem eng begrenzten homogenen Magnetfeld der magnetischen Flussdichte B .

In einem konkreten Fall werden Elektronen im elektrischen Feld zwischen Katode und Anode auf die Geschwindigkeit $v_0 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ beschleunigt. Sie treten anschließend genau senkrecht in das Magnetfeld der Breite $b = 40$ mm ein (Bild 2). Dadurch wird der Elektronenstrahl um die Strecke $y_B = -19,5$ mm abgelenkt.

Berechnen Sie den Radius r der Elektronenbahn.

Bestimmen Sie den Winkel β zur Horizontalen, unter dem der

Elektronenstrahl das Magnetfeld verlässt. (Ergebnis zur Kontrolle: $\beta = -51,9^\circ$)

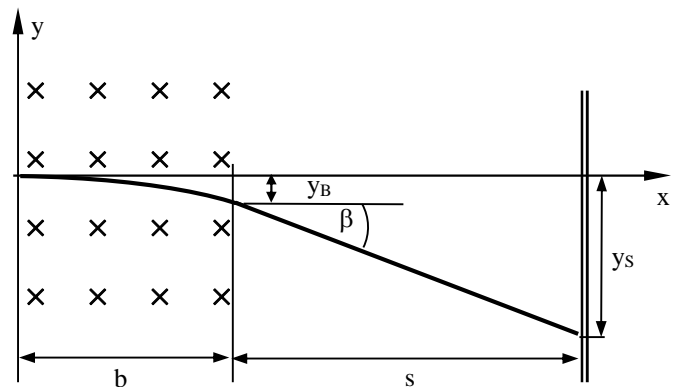


Bild 2

3 Vergleich

Diskutieren Sie für die Bedingung $y_E = y_B$ das Ablenkvermögen durch die elektrischen bzw. magnetischen Felder in Elektronenstrahlröhren unter Einbeziehung der Ergebnisse der Aufgaben 1 und 2 bezüglich der Größe der Bildschirme und der Röhrenlänge.

Lösung:

1 Berechnung der horizontalen Ablenkung:

$$y_E = - \frac{240 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}}{2,9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot (6,0 \cdot 10^6)^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} \cdot (4,0 \cdot 10^{-2})^2 \text{ m}^2$$

$$y_E = \underline{-0,0195 \text{ m} = -19,5 \text{ mm}}$$

$$[y] = \frac{\text{V} \cdot \text{As} \cdot \text{m}^2}{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = \frac{\text{J} \cdot \text{m}^2}{\text{J} \cdot \text{m}} = \text{m}$$

Berechnung des Austrittswinkels:

$$\tan(\alpha) = \frac{dy}{dx} = y'(x)$$

$$= - \frac{e \cdot U \cdot x}{d \cdot m \cdot v_0^2}$$

$$= - \frac{240 \text{ V} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}}{2,9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot (6,0 \cdot 10^6)^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} \cdot 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\alpha = \underline{-44,3^\circ}$$

oder:

$$\tan(\alpha) = \frac{y_E}{\frac{\ell}{2}} = \frac{-19,5 \text{ mm}}{20 \text{ mm}} \Rightarrow \alpha = \underline{-44,3^\circ}$$

2 Berechnen - Radius r:

$$F_Z = F_L$$

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

$$r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}$$

$$r = \frac{9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 6,0 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 0,672 \cdot 10^{-3} \text{ T}} = \underline{5,077 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 50,8 \text{ mm}}$$

$$[r] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{As} \cdot \text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{As} \cdot \text{V}} = \frac{\text{J} \cdot \text{m}}{\text{J}} = \text{m}$$

Bestimmung des Ablenkungswinkels:

$$r^2 = b^2 + (r - y_B)^2$$

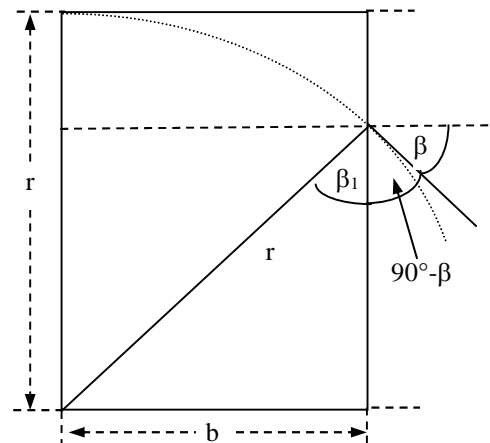
$$(r - y_B)^2 = r^2 - b^2$$

$$y_B(b) = r - \sqrt{r^2 - b^2}$$

$$\tan(\beta) = \frac{dy_B}{db} = - \frac{-2b}{2 \cdot \sqrt{r^2 - b^2}} = - \frac{b}{\sqrt{r^2 - b^2}}$$

$$= - \frac{4 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{\sqrt{(0,05077)^2 \text{ m}^2 - (4 \cdot 10^{-2})^2 \text{ m}^2}}$$

$$\beta = \underline{-51,9^\circ}$$



oder:

$$\sin(\beta_1) = \frac{b}{r} = \frac{40 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} \Rightarrow \beta_1 = 51,9^\circ$$

$$\Rightarrow \beta = -51,9^\circ \quad (\text{aus Winkelrichtung})$$

3 Vergleich

Bedingung: $y_E = y_B$ - Diskussion:

- Austrittswinkel β im B-Feld ist größer als Austrittswinkel α im E-Feld
- Bei festem Abstand Feld-Bildschirm wird der Elektronenstrahl bei magnetischer Ablenkung weiter abgelenkt
 \Rightarrow größerer Bildschirm möglich
- Bei fester Bildschirmgröße kann die Röhre mit magnetischer Ablenkung kürzer sein.