



Månadens problem – OKTOBER 2015

Lösningsförslag

(a) Elektronerna har accelererats av det elektriska fältet på grund av spänningen U_1 .

$$E_k = U_1 q = 3,20 \cdot 10^{-18} \text{ J} \quad (1)$$

Elektronerna har hastigheten v när de kommer in i det elektriska fältet.

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 2,65 \cdot 10^6 \text{ m/s} \quad (2)$$

Svar: 2,7 m/s.

(b) Enligt figuren har den övre plattan högre elektrisk potential än den lägre plattan så elektronen påverkas av en elektrisk kraft uppåt. För att elektronen ska kunna gå rakt fram måste det finnas en lika stor magnetisk kraft nedåt. Använder vi högerhandsregeln för negativt laddade partiklar så ser vi att fältet måste vara riktat in i pappret.

$$F_m = F_e \Rightarrow qvB = \frac{U_2 q}{d} \Rightarrow B = \frac{U_2}{vd} = 0,19 \text{ mT} \quad (3)$$

Svar: 0,19 mT.

(c) Den elektriska kraften är nu inte lika stark som den magnetiska kraften så elektronernas bana böjs av nedåt.

Svar: Elektronernas bana böjs av nedåt.

(d) Vi approximerar rörelsen med ett horisontellt kast. Låt den positiva y -axeln peka nedåt. Accelerationen nedåt beräknas med hjälp av den resulterande kraften.

$$a_y = \frac{F_e + F_m}{m} = \frac{qU_2/d - qv_x B}{m} = 4,40 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

Med den höga accelerationen tar det en mycket kort tid för elektronen att nå den undre plattan.

$$\frac{d}{2} = \frac{a_y t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a_y}} = 3,02 \cdot 10^{-8} \text{ s} \quad (5)$$

Elektronen träffar den undre plattan på avståndet x från vänster.

$$x = v_x t = 0,080 \text{ m} \quad (6)$$

Svar: 8,0 cm.

(e) Vi kombinerar (4) och (5) och får

$$t = \sqrt{\frac{d}{a_y}} = \sqrt{\frac{md^2}{q(U_2 - v_x B d)}} \quad (7)$$

Slutligen använder vi (6) till att få

$$x = v_x \cdot \sqrt{\frac{md^2}{q(U_2 - v_x B d)}} = \sqrt{\frac{md^2 v_x^2}{q(U_2 - v_x B d)}} \quad (8)$$

Denna formel är inte helt korrekt eftersom den magnetiska kraften ändrar riktning när hastigheten ändrar riktning. Men en numerisk simulering visar att felet i x blir litet med de värdena som ingår i uppgiften. Om man ökar magnetfältets styrka kan elektronens bana böja av mer, och rentav kröka banan bakåt, och formeln slutar fungera. Formeln tar inte heller hänsyn till geometriska begränsningar utan kan ge värden som är större än 10 cm om U_2 är större än 13 V. För U_2 lika med 20 V blir x oändligt stort.

