

Im elektrischen Feld gilt: $E = \frac{F}{q}$; $E = \frac{U}{d}$; $W = q \cdot U$

Für (beschleunigt) bewegte Körper gilt: $v = a \cdot t$; $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$; $W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

- 1) Auf den Probekörper wirkt durch das elektrische Feld eine Kraft von

$$F_{\text{el}} = E \cdot q = 8 \cdot 10^4 \text{ NC}^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-9} \text{ kg} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Diese Kraft beschleunigt den positiven Probekörper in Richtung der negativ geladenen Platte über eine Strecke von 0,08m:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{\text{el}}}{m} \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot m}{F_{\text{el}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,08 \text{ m} \cdot 10^{-4} \text{ kg}}{4 \cdot 10^{-4} \text{ N}}} = 0,2 \text{ s}$$

Dafür werden 0,2 Sekunden benötigt.

$$v = a \cdot t = \frac{F_{\text{el}}}{m} \cdot t = \frac{4 \cdot 10^{-4} \text{ N}}{10^{-4} \text{ kg}} \cdot 0,2 \text{ s} = 0,8 \text{ ms}^{-1}$$

Der Körper trifft mit einer Geschwindigkeit von $0,8 \text{ ms}^{-1}$ auf der negativen Platte auf.

Die Energie, die aufgebracht werden muss um den Körper von P_2 nach P_1 zu bringen, entspricht der kinetischen Energie, die er beim Transport von P_1 nach P_2 gewinnt:

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot (0,8 \text{ ms}^{-1})^2 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

Dem Körper muss eine Energie von $32 \mu\text{J}$ zugeführt werden.

- 2) Der Probekörper wird mit einer Anfangsenergie von

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot (0,4 \text{ ms}^{-1})^2 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

in das elektrische Feld geschossen und verrichtet bei seiner Bewegung Arbeit gegen das Feld, wobei er an kinetischer Energie verliert. Er kommt zum Stillstand, wenn seine kinetische Energie Null ist. Danach wird er durch das Feld in die Ausgangsrichtung zurückbeschleunigt, wobei die Kraft für beide Teilbewegungen die gleiche ist und damit auch die Beschleunigung, die der Probekörper erfährt.

$$a = \frac{F_{\text{el}}}{m} = \frac{4 \cdot 10^{-4} \text{ N}}{10^{-4} \text{ kg}} = 4 \text{ ms}^{-2}$$

$$v = a \cdot t \Leftrightarrow t = \frac{v}{a} = \frac{0,4 \text{ ms}^{-1}}{4 \text{ ms}^{-2}} = 0,1 \text{ s} \quad (\text{Zeit vom Einschuss bis zum Stillstand})$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ ms}^{-2} \cdot (0,1 \text{ s})^2 = 0,02 \text{ m}$$

Der Probekörper dringt 2cm in das elektrische Feld ein bevor er nach 0,1s zum Stillstand kommt. Nach weiteren 0,1s erreicht er mit seiner Anfangsgeschwindigkeit wieder die Bohrung.

- 3) a) Die Kathode dient der Erzeugung freier Elektronen. Dies geschieht durch den Glüheffekt, der durch einen elektrischen Strom durch die Kathode hervorgerufen wird.

Im elektrischen Feld zwischen Kathode und Anode, das durch Anlegen der Spannung U_a entsteht, werden die Elektronen zur Anode hin beschleunigt wo sie (teilweise) absorbiert werden oder (der gewünschte Effekt) durch die Bohrung in der Anode in den feldfreien Raum zwischen Anode und Kondensatorplatten eintreten.

Die Elektronen werden durch die Spannung $U_a = 1500 \text{ V}$ beschleunigt und gewinnen dabei die Energie $W_{el} = e \cdot U$. Diese wird in den Elektronen in Form kinetischer Energie gespeichert.

$$W_{el} = W_{kin}$$

$$e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$$

$$v_c = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 1500 \text{ V}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} \approx 2,30 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

- b) Die Kraft auf die Elektronen im elektrischen Feld des Kondensators beträgt

$$F_{el} = E \cdot e = \frac{U}{d} \cdot e = \frac{1000 \text{ V}}{0,054 \text{ m}} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \approx 2,97 \cdot 10^{-15} \text{ N}$$

- c) Die Elektronen treten mit konstanter Geschwindigkeit horizontal in das elektrische Feld zwischen P_1 und P_2 ein. Dort erfahren sie die konstante Kraft F_{el} in y -Richtung, sie werden in diese Richtung also gleichmäßig beschleunigt.

Der Punkt Q(8|2) ist Punkt der Parabel. Damit gilt:

Benötigte Zeit für die Bewegung in y -Richtung:

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_{el}}{m_e} \cdot t^2 \Rightarrow$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s \cdot m_e}{F_{el}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}{2,97 \cdot 10^{-15} \text{ N}}} \approx 3,50 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

Benötigte Geschwindigkeit, um in dieser Zeit 8cm in x -Richtung zurückzulegen:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{0,08 \text{ m}}{3,50 \cdot 10^{-9} \text{ s}} \approx 2,29 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

Dieses Ergebnis entspricht bis auf Rundungs- und Ableseungenauigkeiten dem schon in Aufgabenteil a) bestimmten Wert.