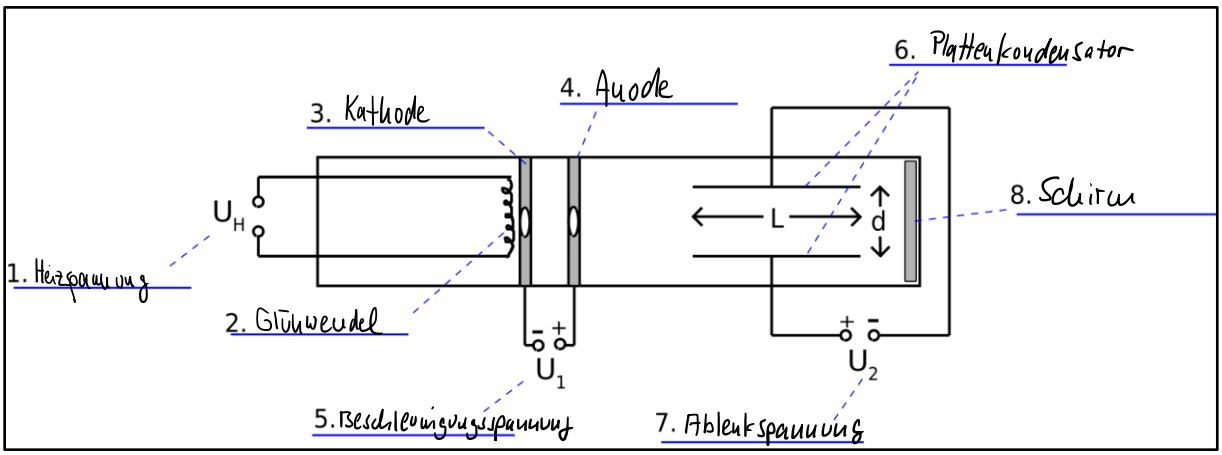
Aufgabenzettel – Ladungen in homogenen elektrischen Feldern - Lösung

Aufgabe 1

Beschrifte die Abbildung der Elektronenablenkröhre und erkläre jeweils in Stichpunkten die Funktion der einzelnen Bauteile.



1. Die Heizspannung liegt an der Glühwendel an, sodass durch die Glühwendel elektrischer Strom fließt und diese anfängt zu glühen.

2. Wenn die Glühwendel heiß wird, erhalten einige freie Elektronen so viel Energie, dass sie die Wendel verlassen („Glühelektrischer Effekt“).

3. Die Kathode ist negativ geladen. Nur die Elektronen, die es aufgrund ihrer Austrittsgeschwindigkeit aus der Glühwendel hinter die Kathode schaffen, erfahren eine abstoßende Kraft in Richtung der Anode.
4. Die Anode zieht aufgrund ihrer positiven Ladung die freien Elektronen an und beschleunigt diese sehr stark.

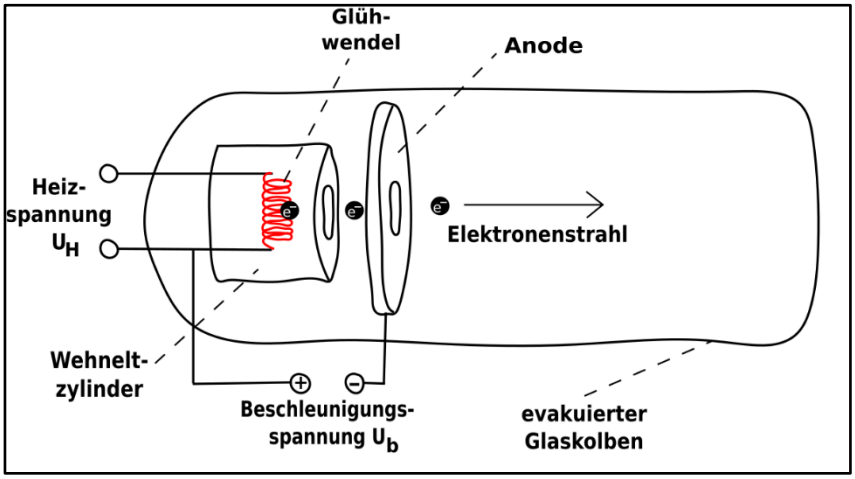
5. Die Beschleunigungsspannung lädt die Kathode negativ und die Anode positiv auf. Je größer die Beschleunigungsspannung, umso schneller sind die freien Elektronen im Plattenkondensator.
6. Die Platten des Plattenkondensators sind entgegengesetzt geladen. Somit zieht eine Platte die Elektronen an und die andere Platte stößt die Elektronen ab.

7. Die Ablenkspannung lädt eine Platte negativ und die andere Platte positiv auf. Je größer die Ablenkspannung, umso stärke werden die freien Elektronen im Plattenkondensator abgelenkt.

8. Auf dem Schirm (oder der Ablenkskala) kann man ablesen, wie viele Zentimeter die Elektronen in Y-Richtung abgelenkt wurden.

Aufgabe 2

a) Beschreibe (stichpunktartig) wie eine „Elektronenkanone“ (siehe Abbildung) einen Elektronenstrahl erzeugt. Beginne mit der Beschreibung bei der Glühwendel und ende beim austretenden Elektronenstrahl.



Zunächst wird eine Heizspannung an die Glühwendel angelegt. Daraufhin fließt elektrischer Strom durch die Glühwendel. Die Glühwendel besteht aus einem Metall, dass bei einer bestimmten Temperatur Elektronen abgibt. Diese Elektronen besitzen aufgrund der Wärmeenergie so viel Bewegungsenergie, dass sie die Glühwendel verlassen können. Nur die Elektronen, die es aufgrund ihrer Austrittsgeschwindigkeit aus der Glühwendel hinter die Kathode schaffen, erfahren eine abstoßende Kraft in Richtung der Anode. Die positiv geladene Anode zieht die negativ geladenen Elektronen an und beschleunigt sie auf eine bestimmte Geschwindigkeit. Die Anode besteht aus einem Ring mit einem Loch in der Mitte. Dadurch werden die freien Elektronen zu allen Seiten der Anode gleichermaßen stark angezogen und fliegen genau mittig durch das Loch. Aufgrund ihre Massenträgheit fliegen die Elektronen nach dem Durchtritt durch das Loch einfach geradeaus weiter.

b) Zwischen dem negativ geladenen Wehneltzylinder und der Anode herrscht ein nahezu homogenes elektrisches Feld. Außerdem nehmen wir an, dass die Elektronen, die durch den Edison-Effekt freigesetzt werden zu Beginn eine vernachlässigbare Ausgangsgeschwindigkeit besitzen. Bestimme die Geschwindigkeit, die ein freies Elektron beim Erreichen der Anode besitzt, wenn zwischen dem Wehneltzylinder und der Anode eine Spannung von 100 V angelegt werden.

$$v_x = \sqrt{2 \cdot \frac{q}{m} \cdot U_b} = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_e} \cdot U_b}$$

$$= \sqrt{2 \cdot \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C}{9{,}109 \cdot 10^{-31}\,kg} \cdot 100\,V} = 5930768\,\frac{m}{s}$$

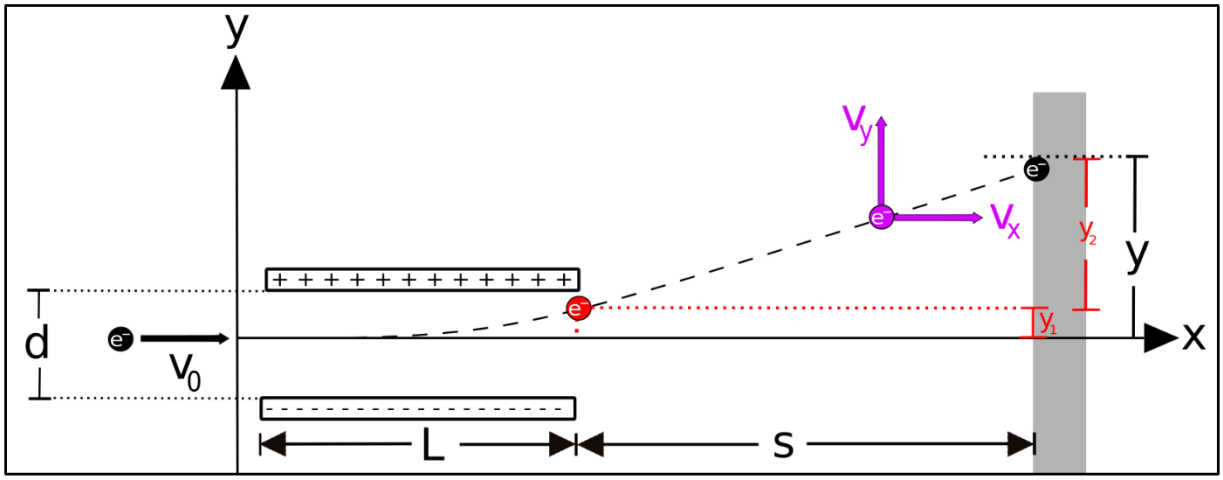
$1\,C = 1 \cdot A \cdot s$

$1\,V = \frac{1\,kg \cdot m^2}{A \cdot s^3}$

(S. 257 / 258 Formelsammlung)

Aufgabe 3

In einer Elektronenstrahlröhre liegt zwischen dem Wehneltzylinder und der Anode eine Beschleunigungsspannung von U_b = 1000 V an. Hinter der Anode fliegen die Elektronen durch ein Paar von Ablenkplatten, die einen Abstand von 2 cm und eine Länge L = 3 cm besitzen. Zwischen den Ablenkplatten beträgt die Ablenkspannung U_a = 120 V.



a) Berechne die Geschwindigkeit v_0 und die kinetische Energie E_{kin}, die die Elektronen vor dem Eintritt zwischen die Ablenkplatten besitzen.

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C}{9{,}109 \cdot 10^{-31}\,kg} \cdot 1000\,V} = 18754734\,\frac{m}{s}$$

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 9{,}109 \cdot 10^{-31}\,kg \cdot \left(18754734\,\frac{m}{s}\right)^2$$

$$= 1{,}602 \cdot 10^{-16}\,J$$

b) Berechne die Zeit, die die Elektronen benötigen, um die Strecke L zurückzulegen.

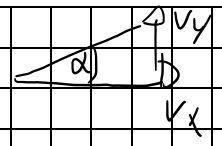
$$t = \frac{x}{v} = \frac{0{,}03\,m}{18754734\,\frac{m}{s}} = 1{,}6 \cdot 10^{-9}\,s$$

c) Berechne die Strecke y_1, um die die Elektronen durch das elektrische Feld der Ablenkplatten abgelenkt werden.

$$y = \frac{e \cdot U_A \cdot x^2}{2 \cdot m_e \cdot d \cdot v_x^2}$$

$$= \frac{1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C \cdot 120\,V \cdot (0{,}03\,m)^2}{2 \cdot 9{,}109 \cdot 10^{-31}\,kg \cdot 0{,}02\,m \cdot \left(18754734\,\frac{m}{s}\right)^2} = 0{,}0013\,m$$

d) Berechne den Ablenkwinkel, mit dem die Elektronen das elektrische Feld der Ablenkplatten verlassen und die Ablenkung y auf dem Schirm. Der Schirm befindet sich s = 30 cm von den Ablenkplatten entfernt.



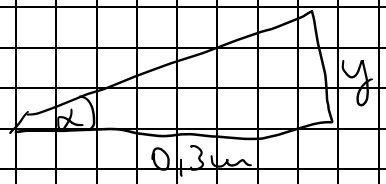
$$\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

$$v_y = a_y \cdot t = \frac{U_A \cdot e}{d\, m_e} \cdot t = \frac{120\,V \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,C}{0{,}02\,m \cdot 9{,}109 \cdot 10^{-31}\,kg} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-9}\,s$$

$$= 1688352\,\frac{m}{s}$$

$$\tan\alpha = \frac{1688352\,m/s}{18754734\,m/s} = 0{,}09$$

$$\alpha = 5{,}14^\circ$$



$$\tan 5{,}14^\circ = \frac{y}{0{,}3\,m}$$

$$y = \tan 5{,}14^\circ \cdot 0{,}3\,m = 0{,}03\,m$$