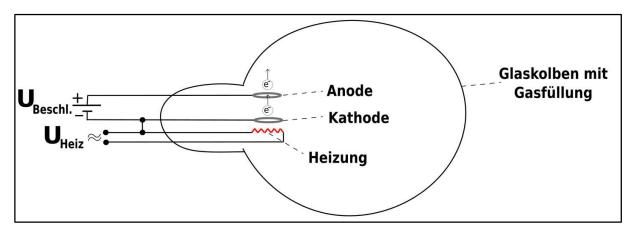
## <u>Aufgabenzettel – Fadenstrahlrohr - Bestimmung e/m - Lösung</u>

## Aufgabe 1

Durch Anwendung einer Elektronenkanone im Fadenstrahlrohr wird ein präzise fokussierter Elektronenstrahl erzeugt. Die Bahn, entlang der die Elektronen im Fadenstrahlrohr verlaufen, wird durch eine blau leuchtende Kurve visualisiert. Ein Magnetfeld, erzeugt durch ein Paar von Helmholtzspulen, ermöglicht die Ablenkung des Elektronenstrahls. Durch eine präzise Justierung des Systems können die Elektronen auf einer kreisförmigen Bahn bewegt werden.

a) Skizzieren Sie den strukturellen Aufbau des Fadenstrahlrohrs, insbesondere die Gestaltung der Elektronenkanone und der dazugehörigen elektrischen Schaltung. Beachten Sie dabei, dass die Helmholtzspulen und ihre Stromversorgung nicht in die Skizze aufgenommen werden sollen.



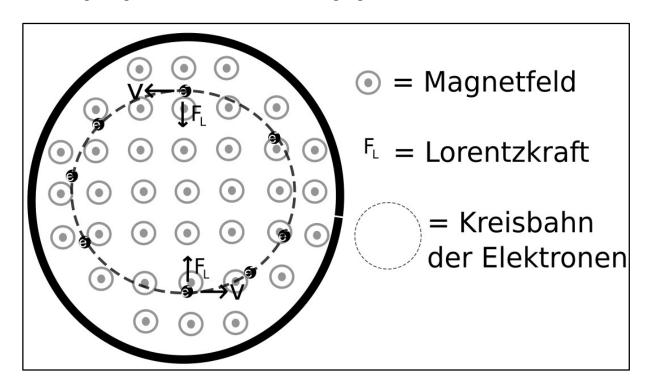
**b)** Erläutern Sie, wie der Elektronenstrahl erzeugt wird.

Durch die Erhitzung wird ein Glühdraht zum Glühen gebracht, wodurch Elektronen freigesetzt werden (glühelektrischer Effekt). Einige schnelle Elektronen schaffen es durch die negativ geladene Kathode. Im elektrischen Feld zwischen der negativen Kathode und der positiven Anode werden die Elektronen beschleunigt, sodass sie mit zunehmender Geschwindigkeit auf die Anode zusteuern. Die Elektronen durchfliegen mit hoher Geschwindigkeit das Loch in der Anode und verlassen sie als eng gebündelten Elektronenstrahl.

c) Erläutern Sie, weshalb die Bahnkurve, entlang der die Elektronen verlaufen, sichtbar gemacht werden kann.

Im evakuierten Glaskolben befindet sich Wasserstoffgas bei niedrigem Druck. Die Gasmoleküle werden durch Stoßanregung durch die Elektronen des Elektronenstrahls zum Leuchten gebracht. Dies führt dazu, dass die Bahn der Elektronen sichtbar wird.

**d)** Skizzieren Sie eine Kreisbahnkurve und für ein einzelnes Elektron an einem beliebigen Punkt auf dieser Bahnkurve den Geschwindigkeitsvektor v, die wirkende Zentripetalkraft  $F_Z$  sowie das notwendige magnetische Feld für die Kreisbewegung.



**e)** Begründen Sie, warum der Betrag der Geschwindigkeit mit der sich die Elektronen bewegen konstant ist.

Auf Elektronen, die sich in einem Magnetfeld bewegen, wirkt die Lorentzkraft. Nach der "DreiFinger-Regel" der linken Hand gilt stets, dass die Geschwindigkeit der Elektronen senkrecht zu
den Magnetfeldlinien ist. Da im Glaskolben Unterdruck herrscht, können sich die Elektronen
ohne Reibung bewegen (bis sie auf ein Wasserstoffatom treffen und es zum Leuchten
anregen). Deshalb ist die Geschwindigkeit der Elektronen (vor dem Auftreffen mit den
Wasserstoffatomen) konstant.

f) Begründen Sie, warum sich die Elektronen auf einer Kreisbahn bewegen.

<u>Die Lorentzkraft ist abhängig von der Geschwindigkeit der Elektronen v, dem Winkel zwischen</u> der Flugrichtung der Elektronen und dem Magnetfeld und der magnetischen Flussdichte B.

$$F_{\text{Lorentz}} = e \cdot v \cdot B \cdot \sin(90^{\circ})$$

<u>Da diese Größen alle konstant sind, wirkt auf die Elektronen eine konstant große Lorentzkraft,</u> <u>die immer orthogonal zur Bewegungsrichtung gerichtet ist. Dadurch zieht die Lorentzkraft die</u> Elektronen (als Zentripetalkraft) zum Mittelpunkt einer Kreisbahn und zwingt sie auf dieser Kreisbahn zu bleiben.

g) Der Radius r der Kreisbahn auf der sich die Elektronen bewegen ist gegeben durch

$$r = \frac{1}{B} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot U_{\rm B}}{e}}$$

Leiten Sie diese Formel her.

Elektron (Anode): 
$$E_{kin} = \frac{1}{2}m_{vo}^{2}$$

Elektron (Anode):  $E_{kin} = \frac{1}{2}m_{vo}^{2}$ 

Elektron (Kathode):  $E_{pot} = e \cdot U_{B}$ 

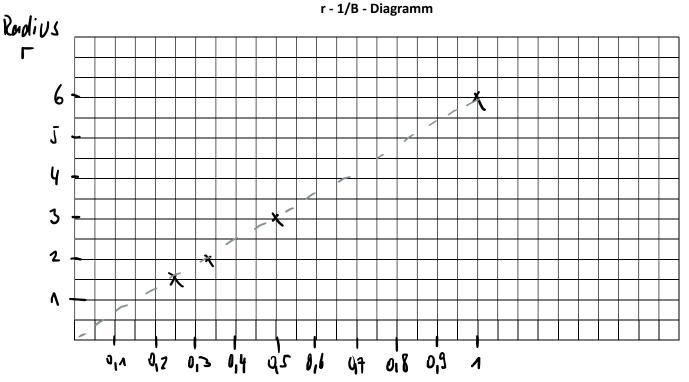
Formel 1:  $V_{0} = \begin{bmatrix} 2 & e & U_{B} \\ \hline - & w & V_{0} \end{bmatrix} = e \cdot B$ 

The important Nach  $V_{0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{$ 

**h)** In einem Experiment werden bei einer Beschleunigungsspannung von  $U_B = 150 \text{ V}$  die Radien r der kreisförmigen Bahnkurven der Elektronen in Bezug auf die Stärke B des magnetischen Feldes gemessen. Die daraus resultierenden Messwerte sind wie folgt:

B in mT	1,0	2,0	3,0	4,0
r in cm	6,0	3,0	2,0	1,5

Analysieren Sie die Messwerte, um die Beziehung zwischen dem Radius r der Kreisbahn und der Stärke B des magnetischen Feldes zu bestimmen. Tragen Sie die Werte in ein geeignetes Diagramm ein und werten Sie diese aus.



1. Ursprungsgerde -> 
$$\Gamma \sim \frac{1}{B}$$
  
2. Die Steijung 14  $\frac{6cm}{\Lambda \frac{1}{mT}} = 6cm \cdot mT = 6.10^{-5} \text{ m·T}$   
Allgemein Silt:  $\Gamma = \frac{\Lambda}{B} \cdot \frac{2 \cdot m_e \, d_3}{e}$   
Einsetzen der :  $\Gamma = \frac{1}{B} \cdot 6.10^{-5} \, \text{m·T}$ 

i) Berechnen Sie mithilfe der Auswertung der Messwerte und unter Verwendung der in Teilaufgabe g) angegebenen Beziehung einen Wert für die spezifische Ladung e/m des Elektrons.

Steigung der Ursprungsgerde = 
$$2 \cdot m_e \cdot U_B$$
  
 $6 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot m = \sqrt{\frac{2 \cdot m_e \cdot u_B}{e}}$   
 $(6 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot m)^2 = \frac{2 \cdot m_e \cdot u_B}{e}$   
 $\frac{Q}{m} = \frac{2 \cdot u_B}{(6 \cdot 10^{-5} \, m \cdot T)^2} = \frac{2 \cdot 150 \, V}{(6 \cdot 10^{-1} \cdot m \cdot T)^2} = \frac{2}{176} \cdot \frac{33}{176} \cdot \frac{10}{176} \cdot \frac{C}{176}$ 
Theorewest: 1776  $10^{-1} \cdot \frac{C}{176}$ 

j) Zeigen Sie, dass die Umlaufzeit T der Elektronen mithilfe folgender Formel

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{e \cdot B}$$

berechnet werden kann.

glachformy Kreisbewegung: 
$$T = \frac{2 \cdot 11 \cdot c}{V}$$

$$T = \frac{1}{1} = \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot$$