

In der in Abbildung 1 dargestellten Versuchsanordnung befindet sich im Punkt Q eine Elektronenquelle. Die Elektronen treten im Punkt R mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 4,0 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$ längs der x -Achse in einen „Black-Box-Würfel“ ein. Innerhalb des Würfels können homogene elektrische und magnetische Felder erzeugt werden, deren Feldlinien in den folgenden Versuchen jeweils parallel zu den Kanten des Würfels verlaufen. Der Versuchsaufbau befindet sich im Vakuum.

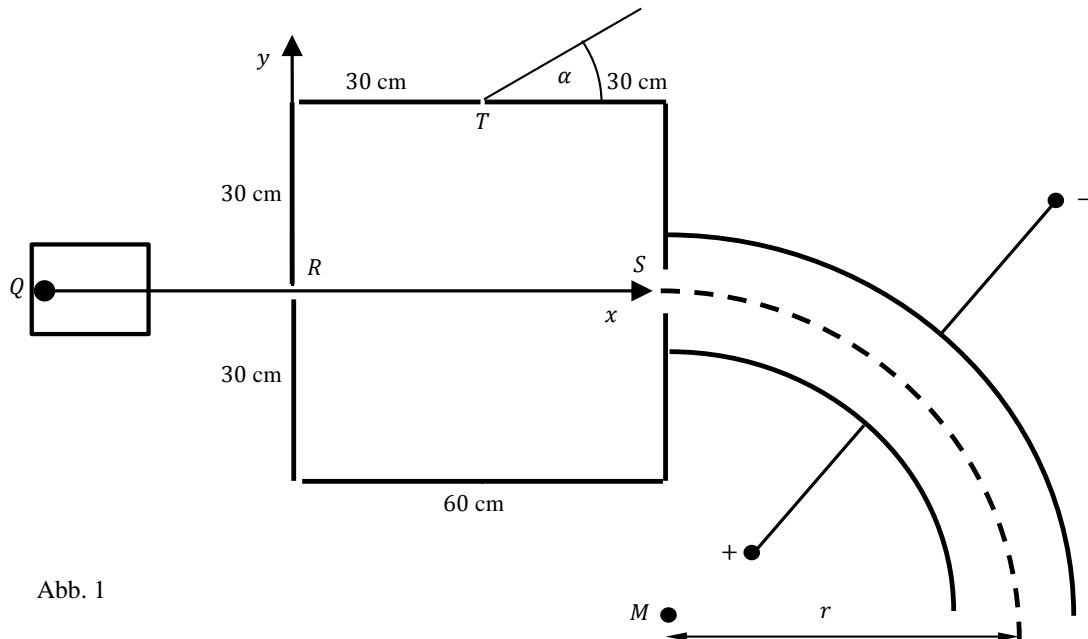


Abb. 1

- a)
- Erläutern Sie eine Methode, mit der man einen Elektronenstrahl erzeugen kann.
 - Berechnen Sie die Spannung, die nötig ist, Elektronen aus der Ruhe auf die Geschwindigkeit v_0 zu beschleunigen.

Die Elektronenbewegung beginnt in Q zum Zeitpunkt $t_0 = 0 \text{ s}$ aus der Ruhe heraus. Für die Elektronengeschwindigkeit ergibt sich in Abhängigkeit von der Zeit:

| | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| t in 10^{-9} s | 0 | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 10,0 |
| v in 10^7 ms^{-1} | 0 | 0,8 | 2,4 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 2,9 |
| t in 10^{-9} s | 13,0 | 17,0 | 18,5 | 21,0 | 26,0 | 30,0 | 31,0 |
| v in 10^7 ms^{-1} | 1,9 | 0,5 | 0 | -0,9 | -2,7 | -4,0 | -4,0 |

- Erstellen Sie ein t - v -Diagramm und interpretieren Sie es. Nehmen Sie dabei Bezug auf die Versuchsanordnung. (9 VP)
- b) Nun wird der Innenraum des Würfels gleichzeitig mit einem elektrischen und einem magnetischen Feld durchsetzt. Die Elektronen treten in R ein und in S mit der Geschwindigkeit v_0 aus.

- Erläutern Sie, wie die Felder zu orientieren sind.

Am felderzeugenden Kondensator liegt eine Spannung von 1,5 kV an.

- Berechnen Sie die Beträge der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte.

Nun ist im Black-Box-Würfel nur ein magnetisches Feld. Der Elektronenstrahl soll geradlinig von R nach S verlaufen.

- Für welche magnetische Flussdichte B ist dies möglich?
 - Wie wird die Geschwindigkeit beeinflusst? Begründen Sie Ihre Antwort. (7 VP)
- c) Die Elektronen sollen in weiteren Versuchen den Würfel in T verlassen, wobei der Würfel entweder von einem elektrischen oder einem magnetischen Feld durchsetzt ist. Für den Austrittswinkel treten zwei unterschiedliche Fälle auf : entweder $\alpha_1 = 90^\circ$ oder $\alpha_2 < 90^\circ$.
- Erläutern Sie, wie diese beiden Fälle zustande kommen.
 - Berechnen Sie für den Fall eines elektrischen Feldes den Betrag der elektrischen Feldstärke. (8 VP)
- d) Die Elektronen verlassen nun den Würfel in S mit der Geschwindigkeit v_0 und treten in einen Kondensator mit gekrümmten Platten ein (siehe Abb. 1). Die elektrische Feldstärke ist so gewählt, dass die Elektronen den Kondensator auf der gestrichelten Bahn durchlaufen. Dort beträgt die elektrische Feldstärke $6,0 \text{ kVm}^{-1}$.
- Berechnen Sie den Bahnradius r .

Gemäß der Relativitätstheorie gilt für die Masse m eines Elektrons mit der Geschwindigkeit v

$$m = \frac{m_e}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

Dabei ist m_e die Masse des ruhenden Elektrons und c die Vakuumlichtgeschwindigkeit.

- Wie weichen die Elektronen unter Berücksichtigung der relativistischen Beziehung von der gestrichelten Bahn ab? (6 VP)

| | |
|---------------------------------|--|
| Elementarladung: | $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ |
| Elektronenmasse: | $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ |
| Lichtgeschwindigkeit im Vakuum: | $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ |