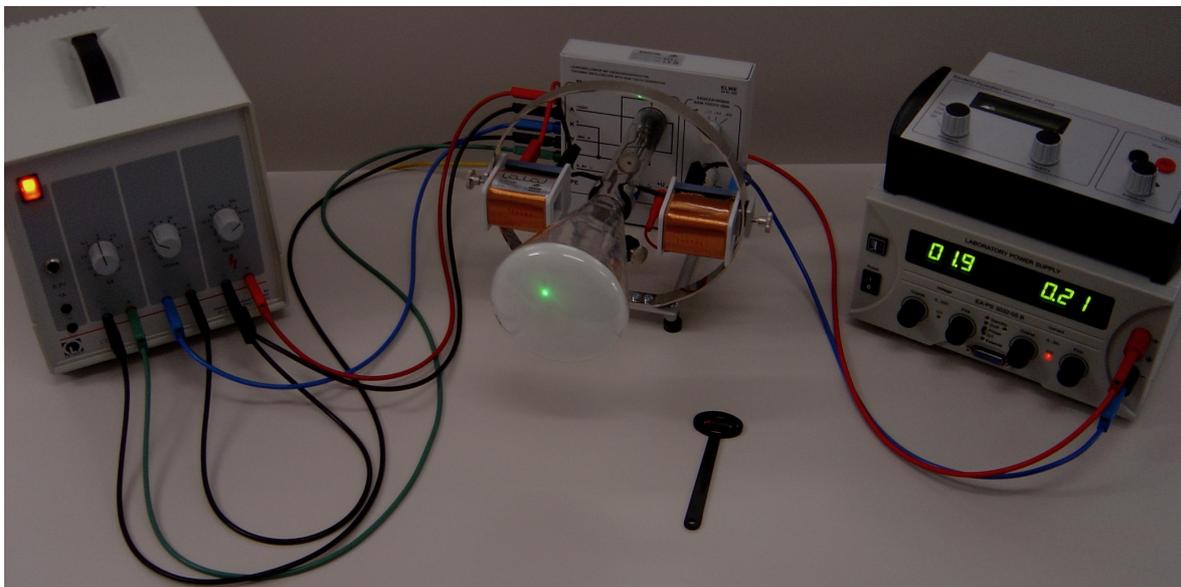


Versuche zum Elektromagnetismus

Versuch M: Die Kathodenstrahlröhre

Dauer: 30 Minuten



1. Vor euch steht eine sogenannte **Kathodenstrahlröhre**. Sie heisst so, weil der Elektronenstrahl, den ihr sehen werdet, aus einer Kathode, also aus einem negativ geladenen Stückchen Metall, austritt.

Studiert zuerst den Anhang E des Skripts. Darin erfahrt ihr, wie so eine "Elektronenkanone" funktioniert und welche Spannungen bei deren Betrieb zu regeln sind.

2. **Inbetriebnahme:** Am Netzgerät zur Linken gibt es drei Spannungsregler. Es werden genau die drei Spannungen zur Verfügung gestellt, von denen ihr gerade gelesen habt.

Von links nach rechts: Heizspannung U_H (bis 7.5 V), Wehnelt-Spannung U_W zur Strahlfokussierung (bis 50 V) und Beschleunigungsspannung U_B (bis 450 V).

Hinweis: Gerade die Beschleunigungsspannung liegt nun in einem Bereich, den man typischerweise als gefährlich für den Menschen einstuft. Allerdings braucht ihr keine Angst vor dem Versuch zu haben. Schliesslich sind die Kabel isoliert und damit ist bei sachgemässer Handhabung bereits gewährleistet, dass euch nichts passieren kann.

Fahrt nun den Kathodenstrahl wie folgt hoch:

- (a) Geht mit der Heizspannung auf 6 V. In der Folge seht ihr bereits, dass die Kathode glüht. Man sieht sie schlecht ganz direkt, aber ihren orangen Schimmer erkennt man gut.
- (b) Fahrt nun die Beschleunigungsspannung auf ca. 300 V hoch. Jetzt müsste der Auftreffpunkt des Strahls auf dem Leuchtschirm grünlich aufleuchten. Der Elektronenstrahl wird also in Richtung Leuchtschirm geschossen.
- (c) Regelt mit der Wehnelt-Spannung das Erscheinungsbild des Leuchtpunktes. Versucht einen möglichst kompakten Punkt hinzubekommen.
- (d) Schliesslich kann es sein, dass euer Leuchtpunkt nicht in der Mitte des Leuchtschirms liegt. Sollte dies der Fall sein, könnt ihr mich kurz herbeirufen, sodass ich euch zeigen kann, wie sich dies regeln lässt.

3. Der Elektronenstrahl ist jetzt optimal erzeugt. Die Elektronen in ihm haben eine Geschwindigkeit von ca. $10\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ (!), wie ihr mit der Beschleunigungsspannung U_B und der Elektronenmasse gemäss der Rechnung in Anhang E berechnen könntet.

Wir wollen diesen Strahl nun durch ein Magnetfeld ablenken, so wie dies in alten Fernsehern (Röhrenfernseher) in rascher Abfolge gemacht wurde, um das Fernsehbild auf dem Bildschirm zu erzeugen.

Ihr seht die beiden Kupferspulen. Sie sollen zusammen ein Magnetfeld erzeugen, das der Strahl durchqueren muss. Dabei erfährt er eine Lorentzkraft, die ihn ablenkt.

Frage: Wie muss das \vec{B} -Feld gerichtet sein, damit die Elektronen nach oben abgelenkt werden?

Folgefrage: In welchem Umlaufsinn muss folglich der Strom in den beiden Spulen fließen, wenn die Elektronen nach oben abgelenkt werden sollen?

Überlegt euch beide Antworten und ruft mich dann, um mir zu zeigen, dass ihr die Sache verstanden habt – oder um sie sich nochmals von mir erklären zu lassen. . .

4. Die Verkabelung der Spulen ans Netzgerät sollte bereits korrekt vorgenommen sein. Schaltet dort den Strom ein. Am besten dreht ihr die Coarse-Regler für die Stromstärke (current) voll auf und steuert anschliessend mit dem Coarse-Spannungsregler die vertikale Ablenkung.

5. Macht nun mal kurz das Licht im Zimmer aus und schaut euch den Strahl an. Ihr solltet erkennen, dass in dieser Kathodenstrahlröhre, die ja für den schulischen Gebrauch hergestellt wurde, auch ein bisschen Leuchtgas enthalten ist, sodass wir den Strahl effektiv sehen können.

6. Nun könnt ihr auch noch die horizontale Strahlablenkung in Betrieb nehmen. Diese funktioniert allerdings nicht mit einem magnetischen, sondern mit einem elektrischen Feld zwischen zwei geladenen Platten, aber das ist nicht so wichtig.

Die horizontale Strahlablenkung schaltet ihr mit dem Drehknopf am hinteren Gehäuse des Fadenstrahlrohrs ein. Stellt den Knopf auf die erste Einstellung neben *off*. Mit dem Drehregler darunter könnt ihr die Frequenz steuern, mit der der Strahl den Leuchtschirm nun hintereinander von links nach rechts über den Leuchtschirm fährt.

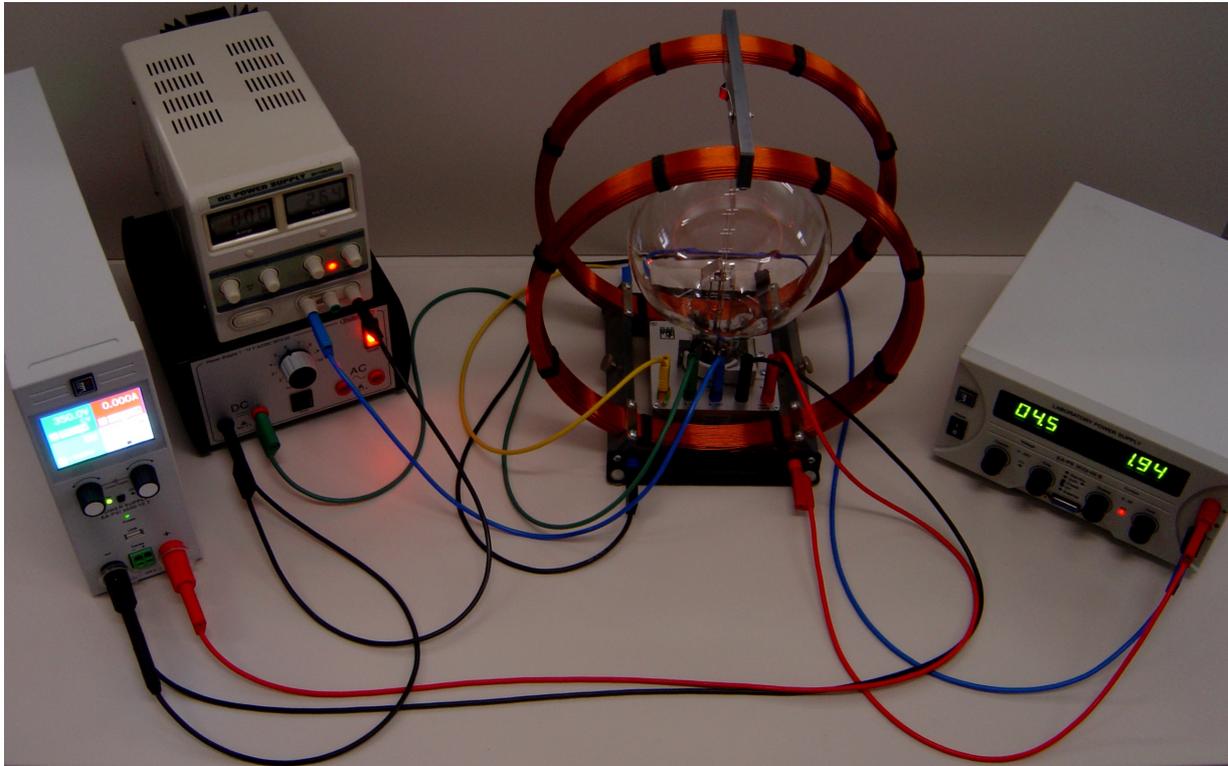
Nun ist es besonders witzig den Strahl im Dunkeln zu beobachten!

7. Wenn ihr bis hierhin durch seid, ruft mich, sodass ich euch noch zeigen kann, wie wir mit unserer Kathodenstrahlröhre zuletzt noch den Prototypen eines Kathodenstrahloszilloskops (KO) herstellen können.

Versuche zum Elektromagnetismus

Versuch N: Das Fadenstrahlrohr

Dauer: 30 Minuten



1. Innerhalb des Helmholtz-Spulenpaares steht ein sogenanntes **Fadenstrahlrohr**. Der Name kommt daher, weil man im Innern dieses Glaskörpers einen Elektronenstrahl erzeugen kann, der aufgrund eines Leuchtgases sichtbar gemacht wird und eben bei guter Strahlbündelung so dünn wie ein Faden gemacht werden kann.
2. **Inbetriebnahme:** Die Strahlerzeugung funktioniert mit einer **Elektronenkanone**, die im Anhang E des Skriptes vorgestellt wird. An dieser Stelle wollen wir uns damit aber nicht näher befassen. Zur Etablierung des Strahls komme ich einfach rasch bei euch vorbei und zeige, wie die Netzgeräte verwendet werden.

Das rechte Netzgerät für den Spulenstrom bleibt vorerst ausgeschaltet.

Hinweis: Die Beschleunigungsspannung liegt nun in einem Bereich, den man typischerweise als gefährlich für den Menschen einstuft. Allerdings braucht ihr keine Angst vor dem Versuch zu haben. Schliesslich sind die Kabel isoliert und damit ist bei sachgemässer Handhabung bereits gewährleistet, dass euch nichts passieren kann.

3. Nach dem Einschalten der Netzgeräte und nach etwas Abdunkelung des Zimmers ist der Fadenstrahl gut sichtbar. Bei z.B. 300 V Beschleunigungsspannung besteht er aus Elektronen mit Geschwindigkeiten von etwa $10\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dieser Strahl soll auf eine Kreisbahn geschickt werden. Dazu müssen die Elektronen im Magnetfeld des Helmholtz-Spulenpaares eine Lorentzkraft erfahren. Bei der Elektronenkanone sollte diese Lorentzkraft nach oben zeigen, damit sich Kreisbahnen ergeben, die schön im Fadenstrahlrohr Platz haben.

Überlegt euch mit der 3FR, wohin das Magnetfeld bei der Elektronenkanone zeigen muss, damit diese Lorentzkraft nach oben entsteht.

4. In welchem Umlaufsinn muss folglich der Strom im Helmholtz-Spulenpaar fließen? Ist das Spulenpaar dafür richtig ans Netzgerät rechts angeschlossen?
5. Schaltet nun den Strom im Helmholtz-Spulenpaar ein und erzeugt die Kreisbahn.
6. Nun verfügt ihr also über kreisende Elektronen. . .

Bearbeitet jetzt die **Aufgabe 1.(a) in der Übungsserie 10**. Dort geht es darum fünf Datensätze (U_B , d , I_{HH}) bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen U_B zu erheben.

Macht das! Aufgrund des Messgestänges lassen sich verschiedene Bahndurchmesser einstellen. Arbeitet zugunsten der Genauigkeit eurer Resultate mit $d = 8\text{ cm}$ oder $d = 10\text{ cm}$.

Zur Stromstärkenmessung verwendet ihr das externe Amperemeter. Es ist genauer als die Anzeige im Display des Netzgerätes.

7. Nachdem ihr die Daten erhoben habt, könnt ihr euch bereits mit der Auswertung beschäftigen (Teilaufgaben (b) und (c) von Aufgabe 1 in Übungsserie 10).

Andererseits ist es auch toll noch ein wenig mit dem laufenden Fadenstrahlrohr zu experimentieren:

- Dreht das Fadenstrahlrohr leicht, sodass die Elektronen nicht mehr ganz senkrecht zur B -Feldrichtung ins Magnetfeld eingeschossen werden. Nun ergibt sich eine hübsche Spiralbahn, die besonders bei kleinem Bahnradius sehr schön ist.

Bilder dazu und ein spannender Hintergrund dazu finden sich übrigens in **Aufgabe 5 von Übungsserie 10**.

- Neben dem Versuch habt ihr einen starken Permanentmagneten zur Verfügung. Geht damit in die Nähe der Spiralbahn und schaut euch an, was passiert.

Wenn ihr mit der richtigen Seite auf den Strahl zugeht, erzeugt ihr eine sogenannte **magnetische Flasche**, die dazu führt, dass sich der Bahnradius erstens verkleinert und zweitens dann der Strahl umkehrt und wieder in Richtung der Elektronenkanone spiralt. Genau so entstehen aufgrund des Magnetfeldes der Erde die Van-Allen-Gürtel, zu denen ihr in Aufgabe 5 in Übungsserie 10 mehr erfahrt.