

# Protokoll

## Über die Physikstunde im Grundkurs K12

Am 22.01.2008

Ort: Gymnasium Beilngries, Raum 0.21

Zeit: 07:55-09:55

Anwesend: Alle 26 Kursteilnehmer und der Kursleiter Hr. StD. Siegfried Bauer

Schriftführer: Grad Alexander

Thema: Spezifische Ladung des Elektrons

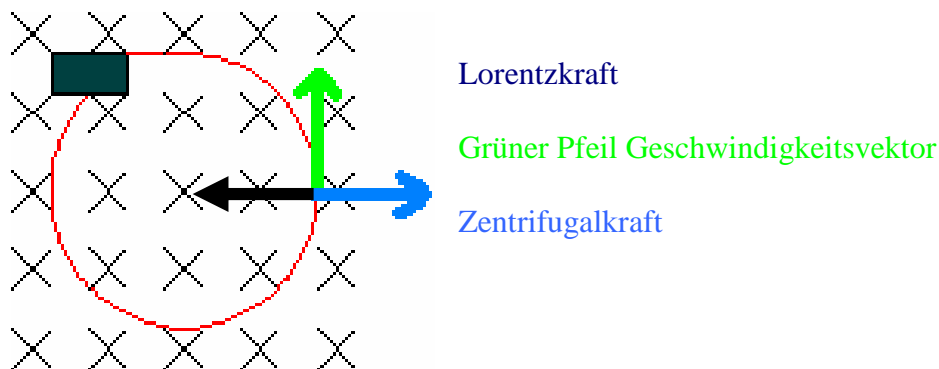
Tagesordnung:

1. Theoretische Vorbesprechung des Versuchs
2. Versuchsaufbau
3. Versuchsdurchführung/ Messungen
4. Versuchsauswertung
5. Anwendungen und weitere Überlegungen
6. Stellung der Hausaufgabe

### Zu TOP 1: Vorbesprechung

In der heutigen Stunde wird mit Hilfe des Fadenstrahlrohres, das bereits aus den vergangenen Jahrgangsstufen bekannt ist, die Ladung eines Elektrons bestimmt.

Magnetisches Feld



Beim Fadenstrahlrohr wird der beschleunigte Elektronenstrahl aus der Elektronenquelle ins Magnetfeld eingeschossen und dort auf eine Kreisbahn abgelenkt. Dabei wirken in jedem Punkt der Kreisbahn zwei Kräfte auf das Elektron.

Es gilt:

Lorentzkraft = Zentrifugalkraft (gleich sind die Beträge, nicht die Richtung!)

$$e \cdot v \cdot b = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

Überlegung: Die Geschwindigkeit der Elektronen ist noch nicht bekannt, sie hängt von der Spannung ab, die man an die Elektronenquelle anlegt. Die Geschwindigkeit  $v$  entsteht in der Beschleunigungsstrecke.

Die kinetische Energie  $\frac{m \cdot v^2}{2}$  wird aus der elektrischen Energie  $e \cdot U$  genommen.

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}}$$

der Term  $\frac{e}{m}$  taucht in der Stabilitätsbedingung der Kreisbahn auf:

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{B \cdot r} \quad \text{setzt man für } v \text{ den obigen Term ein, ergibt sich:}$$

$$\frac{e}{m} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m}} \cdot \frac{1}{B \cdot r} \quad \rightarrow \quad \frac{e}{m} = \sqrt{\frac{e}{m}} \cdot \sqrt{2U} \cdot \frac{1}{B \cdot r} \quad \sqrt{\frac{e}{m}} = \sqrt{2U} \cdot \frac{1}{B \cdot r}$$

Quadrieren ist hier ohne Probleme möglich, da in der Physik negative Ergebnisse nicht möglich sind.

Damit ergibt sich für die spezifische (auf die Masse bezogene) Ladung eines Elektrons:

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2}$$

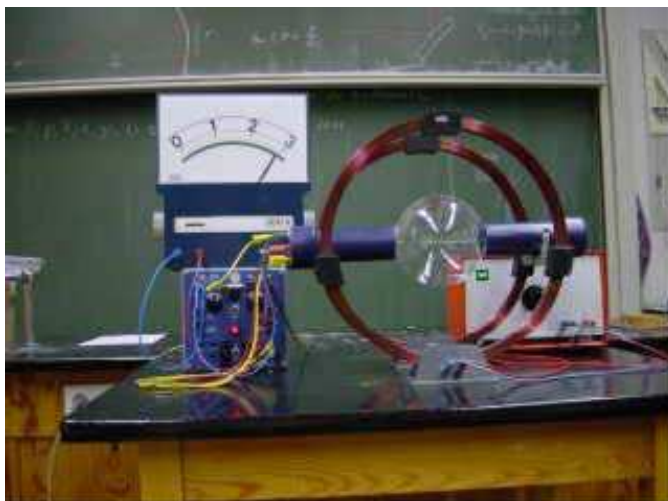
Alle Größen sind messbar

Es erscheint auch sinnvoll den Term  $\frac{e}{m}$  in dieser Form zu belassen, da  $\frac{e}{m}$  nur gemeinsam

Zu messen ist. Der Grund hierfür liegt in der Relativitätstheorie. Es stellt sich aber doch die Frage ob  $e$  Überall auf der Erde gleich groß ist. Dies wäre möglich, hätte aber zur Folge, dass die Vorstellung von der Quantisierung der Ladung anfechtbar wäre. Für unsere Schulphysik aber jedoch betrachten wir  $e$  als konstant.

### Zu TOP 2: Versuchsaufbau:

Das Fadenstrahlrohr besteht aus einer, mit einem Gas, das durch den Elektronenstrahl zum Leuchten angeregt wird, gefüllten Glaskugel. In dieser Kugel befindet sich die Elektronen Quelle, in der mittels eines Beschleunigungskondensators mit Heizwendel die Elektronen emittiert werden. Um die Glaskugel herum erzeugen zwei Helm-Holz-Spulen ein magnetisches Feld, das die freien Elektronen später ablenken wird. Die Magnetfeldstärke wird mit einem Teslameter, der Strom in den Spulen, mit Hilfe eines Amperemeters gemessen.



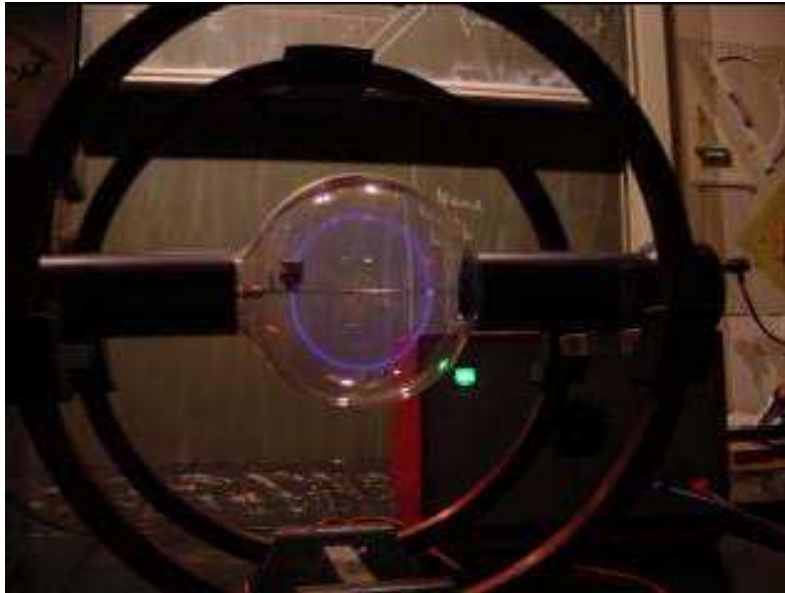
( Bild aus dem Grundkurs 2002/2002)

### Zu TOP 3: Versuchsdurchführung:

Die aus dem Beschleunigungskondensator austretenden Elektronen werden durch das mag. Feld der Spulen auf eine Kreisbahn abgelenkt. Bei unserem Versuch wird die Feldstärke  $B$  konstant gehalten, und der Radius des Kreises  $r$  in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U_B$  gemessen.

Messungen:  $I_{Feld} = 1,5 \text{ A} = \text{const.}$   $B = 1,05 \text{ mTl}$

Radius	5 cm	4 cm	3 cm	2 cm
$U_B$	250 V	160 V	100 V	60 V



( Bild aus dem Grundkurs 2000/2002)

### Zu TOP 4: Versuchsauswertung:

Berechnung von konkreten Werten für den Quotienten  $\frac{e}{m}$  :

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot 250}{(1,05 \cdot 10^{-3}) \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{500}{1,05^2 \cdot 25} \cdot 10^{10} = 18 \cdot 10^{10} = 1,8 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

$$\text{Dimensionsprobe: } \frac{V \cdot A^2}{N^2} = \frac{V \cdot A \cdot A \cdot s^2}{kg \cdot m \cdot N} = \frac{As}{kg}$$

Tabellenwert aus Fs:  $1,75 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$

Radius	5 cm	4 cm	3 cm	2 cm
$U_B$	250 V	160 V	100 V	60 V
$\frac{e}{m}$	$1,8 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$	$1,8 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$	$2,0 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$	$2,7 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$

Mittelwert aus den selbst berechneten Werten:  $2,075 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$

Die doch recht gute Annäherung unserer Werte hat die Ursache in der guten Qualität unseres verwendeten Fadenstrahlrohres.

### **Zu TOP 5: Anwendungen und weitere Überlegungen**

Anwendung von bewegten Ladungen im Magnetfeld lassen sich in der Forschung beim Kreisbeschleuniger/ Zyklotron oder auch am Massenspektrographen in der Urananreicherung finden.

Gedanken über die geschwindigkeitsabhängige Masse:

Führt man einem Körper von außen Energie zu, so muss der Körper die Energie in irgendeiner Art verwalten, sie speichern. Die zugeführte Energie wird dabei entweder zu äußerer Energie, wie potentieller oder kinetischer Energie, oder zu innerer Energie, wie Wärmeenergie oder einer Änderung der Aggregatzustände.

Möglich wäre es aber auch, die zusätzliche Energie in Form von Masse zu speichern. Diesen Gedanken verfolgt Einsteins Relativitätstheorie. Experimente dazu ließen sich in Zyklotronen mit sehr großen Beschleunigungsspannungen durchführen.

### **Zu TOP 6: Hausaufgabenstellung:**

Bis zur nächsten Woche ist ein Arbeitsblatt zur Lorentzkraft/  $\frac{e}{m}$  Bestimmung zu berechnen.