

Geschwindigkeitsbestimmung von Alphateilchen



Achtung: Animation funktioniert nur korrekt mit Plugin Flash 5 und größer
Autoren: BIGS 2002 (C. Bluck, J. Gans, A. Gleixner, Prof. Heimbrodt)

Erklärung 1

Die Einstellungen sind: Vakuum „AUS“; E-Feld „AUS“ und B-Feld „AUS“

Versuchsaufbau

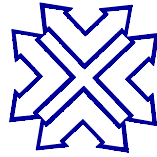
- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

Aus der Alphateilchenquelle (Am 241) treten ständig Teilchen aus, die mit der Luft wechselwirken. Da ihre Reichweite kleiner ist als die Kammerlänge wird im Zählrohr nur eine Reststrahlung angezeigt.

Nun bitte die Erzeugung des Vakuums einschalten. Das E- und das B-Feld sind auf „AUS“ geschaltet.

Bitte beachten:

Aus Gründen der Anschauung mußte ein nicht maßstabgerechter Versuchsaufbau verwendet werden.



Erklärung 2

Die Einstellungen sind: Vakuum „EIN“; E-Feld; „AUS“ und B-Feld „AUS“

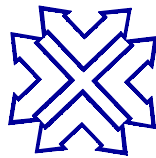
Versuchsaufbau

- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

In der vakuumdichten Ablenkammer bewegen sich die α - Teilchen vom Präparat ohne Verlust geradlinig bis ins Zählrohr. Die Zählrate liegt bei ca. 975 Teilchen in 100 Sekunden.

Unsere Aufgabe ist es jedoch die natürliche Geschwindigkeit der α - Teilchen zu bestimmen. Also muß eine Wechselwirkung der α - Teilchen mit einem Versuchsaufbau genutzt werden, der das ermöglicht. Wie aus dem vorliegenden Versuchsaufbau ersichtlich wird, wird eine Wechselwirkung zwischen α - Teilchen, einem E-Feld und einem B-Feld genutzt. Doch warum???

Nun bitte das E-Feld ohne Vakuum einschalten, das B-Feld ist auf „AUS“.



Erklärung 3

Die Einstellungen sind: Vakuum „AUS“; E-Feld „EIN“ und B-Feld „AUS“

Versuchsaufbau

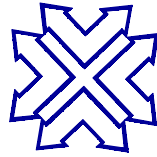
- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

In der mit Luft aufgefüllten Ablenkammer bewegen sich die α - Teilchen vom Präparat durch den Plattenkondensator in Richtung Zählrohr. Sie erreichen das Zählrohr nicht wegen der Wechselwirkung mit der Luft und wegen der elektrischen Kraft F_{el} , die das elektrische Feld auf die α - Teilchen ausübt. Nur wieder eine Reststrahlung ist meßbar.

Eine, für eine Berechnung nutzbare Wechselwirkung ist gefunden, die Wechselwirkung zwischen α - Teilchen und elektrischem Feld.

$F_{el} = q \cdot E$; wir wollen aber die Geschwindigkeit bestimmen! Betrachten wir aber zuvor wie bewegen sich die α - Teilchen im Vakuum und im E-Feld.

Bitte nun das Vakuum und das E-Feld auf „EIN“ einstellen, das B-Feld ist auf „AUS“.



Erklärung 4

Die Einstellungen sind: Vakuum „EIN“; E-Feld „EIN“ und B-Feld „AUS“

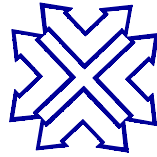
Versuchsaufbau

- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

Wie zu erwarten war, haben wir die Störkomponente Wechselwirkung zwischen α - Teilchen und Luft beseitigt, die α - Teilchen können sich weiter in der Ablenkammer in Richtung Zählrohr bewegen. Aber sie kommen nicht im Zählrohr an, weil die Kraft des elektrischen Feldes F_{el} dies verhindert.

Es sei nochmals erinnert, wir wollen die natürliche Geschwindigkeit der α - Teilchen durch unseren Versuch bestimmen können, dazu brauchen wir eine physikalische Beziehung in der die Geschwindigkeit v eine Rolle spielt und eine Kraft die auch auf α - Teilchen Einfluß hat.

Bitte nun das Vakuum auf „AUS“, das E-Feld auf „AUS“ und das B-Feld auf „EIN“ schalten.



Erklärung 5

Die Einstellungen sind: Vakuum „AUS“; E-Feld „AUS“ und B-Feld „EIN“

Versuchsaufbau

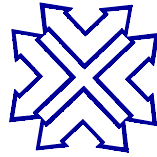
- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

Wie zu sehen ist, trotz der Luft und der Tatsache, dass die α - Teilchen das Zählrohr nicht erreichen, gibt es neben der elektrischen Kraft eine Kraft, die Einfluß auf die α - Teilchen hat, es ist die Lorenzkraft, die aus dem Magnetfeld B entstammt.

$$F=q \cdot v \cdot B$$

Wir haben gerade eine Formel gefunden, wo zur Berechnung eine Geschwindigkeit vorkommt. Da wir aber weder die wirkende Lorenzkraft noch die Ladung der α - Teilchen kennen, können wir die Formel so nicht verwenden, um die natürlichen Geschwindigkeit der α - Teilchen zu bestimmen.

Zuvor noch weitere „Feldkombinationen“.



Erklärung 6

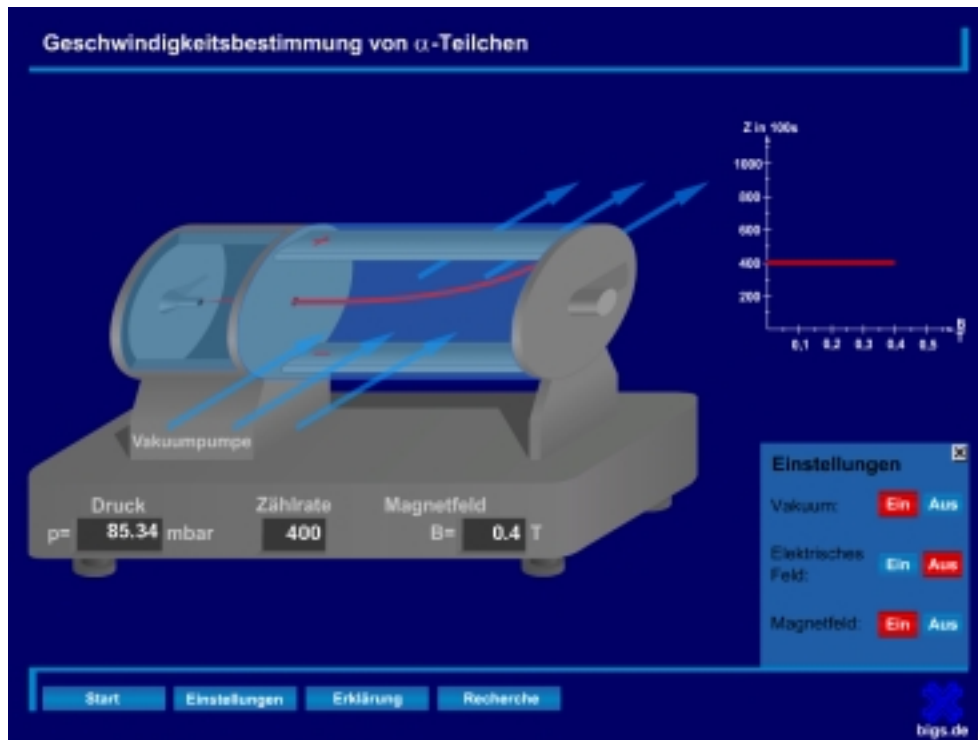
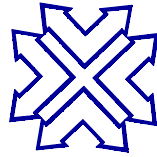
Die Einstellungen sind: Vakuum „AUS“; E-Feld „Ein“ und B-Feld „EIN“

Versuchsaufbau

- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

Obwohl sich nun die Kräfte des E-Feldes und die des B-Feldes die Wage halten, erreichen die α - Teilchen das Zählrohr nicht. Die Wechselwirkung der Teilchen mit der Luft verhindern dies.

Beachtenswert ist aber E-Feld bzw. B-Feld können Einfluß auf die Bahn der Teilchen nehmen.



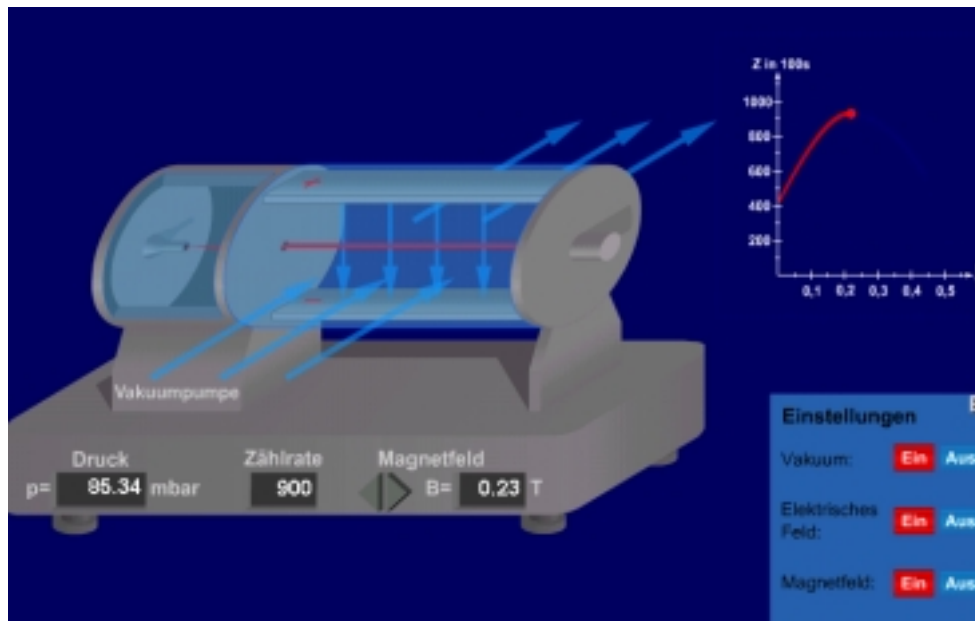
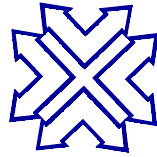
Erklärung 7

Die Einstellungen sind: Vakuum „Ein“; E-Feld „AUS“ und B-Feld „EIN“

Versuchsaufbau

- Vakuumpumpe
- Kammer mit Präparat und Kondensatorplatten
- α - Teilchen Präparat Am 241
- Kondensatorplatten mit Abstand $d=0,9\text{mm}$ und Festspannung $U=3000\text{V}$ (E-Feld)
- Externes B-Feld, kontinuierlich ansteuerbar; senkrecht zum E-Feld
- Blende mit kleinem Fenster $3,5\ \mu\text{m}$
- Zählrohr

Wie bereits in dem Fall wo die Luft vorhanden war, wird auch hier bedingt durch den Einfluß der Kraft des B-Feldes (Lorenzkraft) Einfluß auf die Flugbahn der α - Teilchen genommen. Erst wenn das Vakuum vollständig hergestellt wurde gelangen sie in die Nähe des Zählrohres. Die Lorenzkraft verhindert allerdings einen geradlinigen Verlauf des Teilchenstrahls.



Erklärung 8 oder ein Tafelbild

Die Einstellungen sind: Vakuum „EIN“; E-Feld „EIN“ und B-Feld „EIN“

In dieser Einstellung werden wir zusammen im Animationsbereich Erklärung ein Tafelbild entwickeln, wozu bitte unsere einem Videorecorder abgeschauten Steuerelemente wie Film „STOPP“ etc. zu nutzen sind.

Wie lautet unsere Aufgabe?

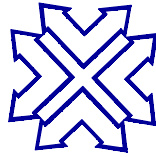
- Bestimmung der natürlichen Geschwindigkeit von α - Teilchen

Was wissen wir?

- Im Vakuum können wir sehr gut die α - Teilchen mit einem Zählrohr messen.
- α - Teilchen lassen sich durch die elektrische Kraft $F_{el}=q \cdot E$ und durch die magnetische Kraft (Lorenzkraft) $F_L=q \cdot v \cdot B$ ablenken.

Wir wollen die Geschwindigkeit von α - Teilchen bestimmen. Es bietet sich an beide Gleichungen gleich zu setzen:

$$F_{el}= F_L \text{ oder } q \cdot E = q \cdot v \cdot B$$



durch Umstellung erhalten wir

$v = E/B$ unter Beachtung, das $E = U/d$

$v = (U/d)/B$

Dürfen wir nach unserem Versuchsaufbau beide Gleichungen gleich setzen und was bedeutet dies für unser Experiment?

JA, es gilt $F_{el} = F_L$, wenn die α - Teilchen unabgelenkt das Zählrohr erreichen, also die Zählrate ein Maximum hat.

Das bedeutet, wir müssen das B-Feld so verändern, dass es das elektrische Feld kompensiert, also $F_{el} = F_L$ gilt

ANS WERK!!!!

Wenn möglich, bitte zurück in den Versuch gehen, den Wert des optimalen Magnetfeldes bestimmen und merken, wieder zurück in die Erklärung gehen und diesen Wert nach Aufforderung eintragen.

Bitte in das freie Feld den ermittelten Wert für die optimale Zählrate eintragen, wo $F_{el} = F_L$ gilt

Der korrekte Wert von B lautet $B = 0,23 \pm 0,015 T$, diesen einsetzen

dann erhalten wir unter Nutzung der bekannten Werte

$v = (U/d)/B$

$v = (3000V/0,9 \cdot 10^{-3}m)/B = 1,45 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$

Mit unserem Experiment ist es uns gelungen die natürliche Geschwindigkeit von α - Teilchen zu bestimmen $v = 1,45 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$

Bitte beachten, das sind ca. 5% der Lichtgeschwindigkeit,
Frage, wenn man mit unbeschleunigten α - Teilchen arbeitet, muß man relativistisch oder kann man klassisch rechnen?

Natürlich klassisch, da die natürliche Geschwindigkeit der α - Teilchen bei nur ca. 5% von der Lichtgeschwindigkeit liegt, läge sie bei 90% müßte man relativistisch rechnen.