

Übungen zur Kursvorlesung Physik II (Elektrodynamik)

Sommersemester 2008

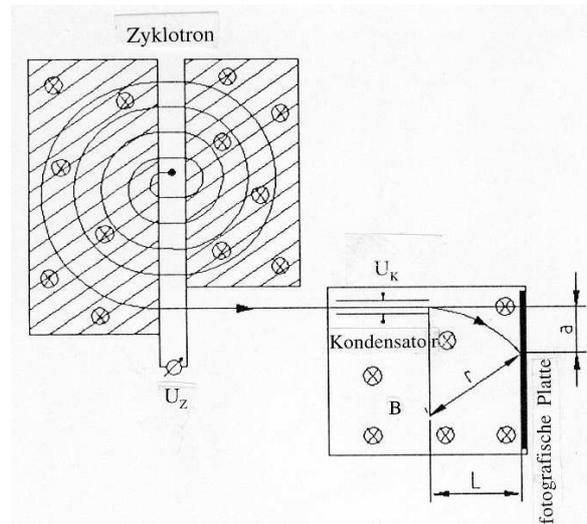
Übungsblatt Nr. 9

17.06.2008

Bearbeitung bis 23.06.2008

Aufgabe 33: Zyklotron: e/m Messung, Isotopenbestimmung (8P)

Geladene Teilchen unbekannter Masse werden in einem Zyklotron auf die Endgeschwindigkeit v_0 gebracht. Darin ist senkrecht zur Teilchenbahn ein konstantes Magnetfeld B_Z angelegt. Die Ionen werden in der Lücke zwischen den Elektroden durch eine Spannung der Form $U = U_0 \sin(\omega t)$ beschleunigt, d.h. sie erhalten bei jedem halben Umlauf eine zusätzliche kinetische Energie von 20 keV. Um eine resonante Beschleunigung zu erreichen, muß die Frequenz des Ionenumlaufs mit der Wechselfrequenz koinzidieren.



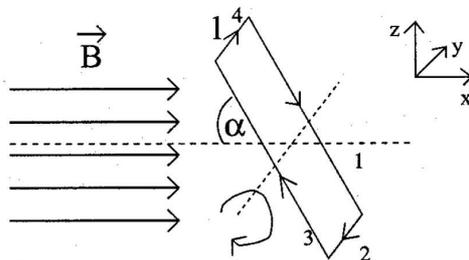
Nach mehreren Umläufen verlassen die Ionen den Beschleuniger und treten in einen langen Kondensator mit dem Plattenabstand $d=4$ mm ein. Dessen homogenes elektrisches Feld ist ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B=10$ mT orthogonal überlagert.

- Bei der Einstellung einer bestimmten Spannung von $U_K = 8000$ V zwischen den Platten beobachtet man, dass die Teilchen sich auf einer geraden Bahn bewegen und den Kondensator wieder verlassen. Erklären sie diesen Befund! Wie groß ist die Austrittsgeschwindigkeit? Muß man relativistisch rechnen?
- Nach dem Verlassen des Kondensators trifft der Teilchenstrahl auf eine im Abstand $L = 1.6$ m befindliche fotografische Platte. Die Ablenkung aufgrund des dortigen Magnetfeldes beträgt $a=4.5$ mm. Bestimmen sie Q/m , wobei Q ein vielfaches der Elementarladung ist und m die Ruhemasse der Ionen. Um welches Ion handelt es sich? (Anmerkung: 1.6 m \gg 4.5 mm)
- Wie hoch war die Anzahl der Umdrehungen der Ionen im Zyklotron?
- Wie lang war die Umlaufzeit eines Ions der Energie E im Magnetfeld B_Z des Zyklotrons? Zeigen sie: Der relativistische Masseanstieg der Ionen bedingt, dass bei der konstanten Wechselfrequenz ω die Beschleunigungsresonanzbedingung schon bald nicht mehr erfüllt ist (detuning). Um dies zu verhindern, muß die Wechselfrequenz zeitlich geändert werden, $\omega = \omega(t)$ (Synchrotron-Zyklotron). Finden sie zur Berechnung von $\omega(t)$ einen Ausdruck für die Umlauffrequenz des Teilchens als Funktion der Energie, und berücksichtigen sie, dass das Ion eine zusätzliche Energiezunahme von $2 \int \frac{\hat{E}}{T(t)} dt = \frac{1}{\pi} \int \hat{E} \cdot \omega(t) dt$ erfährt, wobei

\hat{E} : Energieaufnahme pro halben Umlauf, T : Umlaufzeit. $E_P = \sqrt{m_{p,0}^2 c^4 + p^2 c^2}$
 Lösen sie die resultierende Integralgleichung durch zeitliches Differenzieren.

Aufgabe 34: Drehspulinstrument (6P)

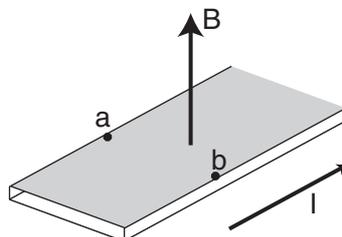
Eine stromdurchflossene quadratische Drahtspule mit $N = 100$ Windungen und der Kantenlänge $l = 2$ cm befindet sich in einem homogenen Magnetfeld $B = 0.1$ T. Für $\alpha = 90^\circ$ steht \vec{B} senkrecht auf der Fläche, die von der Spule erzeugt wird. Diese Anordnung soll nun als Drehspulinstrument zur Strommessung eingesetzt werden, indem die Drehachse mit einer Spiralfeder mit dem rücktreibenden Drehmoment $M = C\alpha$ ausgestattet wird ($C = 10^{-9}$ Nm/rad). Über einen Zeiger läßt sich an einer Skala die Winkelauslenkung der Spule auf 0.5° genau ablesen.



- Bestimmen Sie die Kraft \vec{F}_i , die auf jeweils ein Drahtstück in den vier Spulenabschnitten ($i = 1 \dots 4$) wirkt.
- Welches Drehmoment wirkt auf die Spule als Funktion von α ?
- Wie groß ist der kleinste und der größte messbare Strom?
- Wie genau läßt sich ein Strom $I = 1 \mu\text{A}$ messen?
Tip: Nähern Sie $\cos \alpha$ bis einschließlich lineare Terme in der Taylorentwicklung um $\alpha = 90^\circ$

Aufgabe 35: Hall-Effekt (2P)

Ein Metallstreifen werde von einem Strom I durchflossen und befinde sich in einem homogenen Magnetfeld B . Die zwischen a und b auftretende Potentialdifferenz heißt Hallspannung.



- Welcher der beiden Punkte a und b in der gezeigten Abbildung liegt auf höherem Potential?
- Wie ändern sich die Verhältnisse, wenn der Metallstreifen durch einen p-dotierten Halbleiter ersetzt wird, in dem die Ladungsträger positive Ladung haben?

Die Aufgaben sollten immer in Arbeitsgruppen von 2-3 Personen gerechnet und abgegeben werden. Heften Sie bitte ihre Lösungen zusammen und schreiben Sie die Namen aller Personen ihrer Arbeitsgruppe auf die oberste Seite sowie die Tutoriumsgruppe, den Tutor und die Uhrzeit. Dies sollte oben rechts angegeben werden und **gut lesbar** sein.

Die Übungsaufgaben finden Sie auf dem Netz unter der URL:
<http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hirsch/SS08>

Übungsleiter: Dr. Dominic Hirschbühl, 9/8 Physikhochhaus
email: hirsch@ekp.physik.uni-karlsruhe.de