

# Physik IV – Atome und Moleküle; Sommer 2005

Prof. Wim de Boer, Universität Karlsruhe  
Dr. Frank Hartmann, Universität Karlsruhe

Aufgabenblatt 2; Übung am 26. April (Dienstag)

1. Bragg-Reflexion

Leiten sie den Bragg-Winkel (auch Glanzwinkel genannt) her.

2. Teilchen im elektromagnetischen Feld;  $e/m$  Messung; Isotopenbestimmung:  
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 20keV. 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  $d=4\text{mm}$  ein. Dessen homogenes elektrisches Feld ist ein homogenes Magnetfeld der Stärke  $B=10\text{mT}$  orthogonal überlagert.

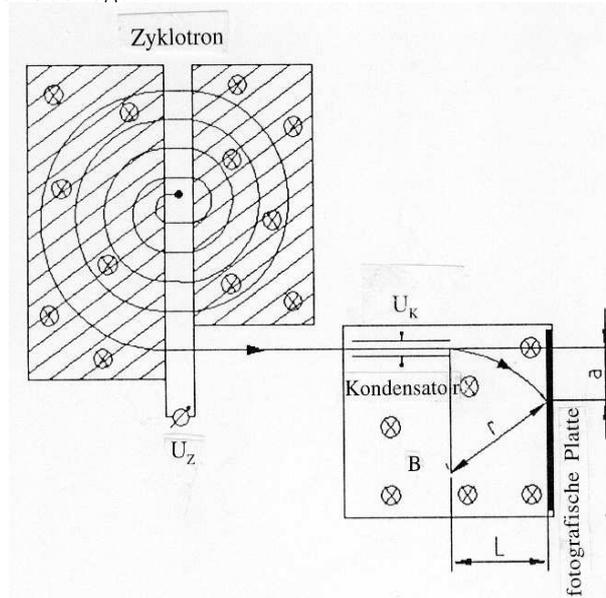


Abbildung 1: Teilchen im elektromagnetischen Feld;  $e/m$  Messung.

- (a) Bei der Einstellung einer bestimmten Spannung von  $U_K = 8000\text{V}$  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?
- (b) Nach dem Verlassen des Kondensators trifft der Teilchenstrahl auf eine im Abstand  $L = 1.6\text{m}$  befindliche fotografische Platte. Die Ablenkung aufgrund des dortigen Magnetfeldes beträgt  $a=4.5\text{mm}$ . Bestimmen sie

$Q/m$ , wobei  $Q$  ein vielfaches der Elementarladung ist und  $m$  die Ruhemasse der Ionen. Um welches Ion handelt es sich?

- (c) Wie groß war die Anzahl der Umdrehungen der Ionen im Zyklotron?
- (d) Wie groß 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 Wechselspannungsfrequenz  $\omega$  die Beschleunigungsresonanzbedingung schon bald nicht mehr erfüllt ist (detuning). Um dies zu verhindern, muß die Wechselspannungsfrequenz zeitlich geändert werden,  $\omega = \omega(t)$  (Synchro-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  $2 \int \frac{\hat{E}}{T(t)} dt = \frac{1}{\pi} \int \hat{E} \times \omega(t) dt$  erfährt, wobei  
 $\hat{E}$ : Energieaufnahme pro halben Umlauf,  
 $T$ : Umlaufzeit.  
 Lösen die resultierende Integralgleichung durch zeitliches Differenzieren.

### 3. Rutherford

- (a) Bestimmen sie den Abstand der größten Annäherung für Protonen der kinetischen Energie (a) 1 MeV, (b) 10 MeV, die frontal gegen einen Goldkern fliegen, und vergleichen sie das Resultat mit dem Kernradius. In welchem Fall würde das Proton den Kern *berühren*? Bestimmen sie die kinetische Energie des Protons, wenn es den Kern *berührt*.
- (b) Was versteht man unter anomaler Rutherfordstreuung?
- (c) Um welchen Winkel wird ein 4 MeV  $\alpha$ -Teilchen gestreut, wenn es sich einem Goldkern mit dem Stoßparameter von  $2,6 \times 10^{-13} m$  genähert hat?

### 4. Photoeffekt

- (a) Warum steht der Photoeffekt im Widerspruch zur klassischen Physik?
- (b) In einem Experiment zum Photoeffekt wird eine Metalloberfläche mit Licht verschiedener Wellenlängen  $\lambda_i$  bestrahlt. Die Gegenspannungen  $U_i$ , bei denen der Strom aus der Oberfläche gerade verschwindet werden gemessen. Bestimmen sie die Austrittsarbeit  $W_i$  und das Plancksche Wirkungsquantum  $h$ !

$\lambda_i [nm]$	216	260	317	368	403
$U_i [V]$	2.83	1.86	1.0	0.45	0.16

Matrix:  $(1/2a+2b/3c+3d/3a+3b/3c/4)$

Übungsleiter: Frank Hartmann, Forschungszentrum Karlsruhe,  
 Tel.: 07247 82 4173; Email: Frank.Hartmann@CERN.CH  
[www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom.html](http://www-ekp.physik.uni-karlsruhe.de/~hartmann/atom.html)