

Aufgabe 1: Zyklotron

3 Punkte

In einem Zyklotron werden Teilchen mit der Elementarladung e auf die Endgeschwindigkeit v_0 beschleunigt. Die Teilchen haben eine unbekannte Ruhemasse m_0 . Der Beschleunigungsvorgang ist in der Abbildung (1, links) dargestellt. Dabei ist im Zyklotron senkrecht zur Teilchenbahn ein konstantes Magnetfeld B_z angelegt. Die Ionen werden in der Lücke zwischen den Elektroden durch eine Wechselspannung U so beschleunigt, dass sie mit jedem halben Umlauf eine zusätzliche kinetische Energie von 20 keV erhalten. Nach mehreren Umläufen verlassen die Ionen das Zyklotron mit der Geschwindigkeit v_0 . Anschließend treten die Ionen in ein elektrisches Feld, welches von einem Plattenkondensator (Plattenabstand $d = 4$ mm) erzeugt wird. Diesem elektrischen Feld wird ein homogenes Magnetfeld der Stärke $B = 10$ mT orthogonal überlagert. Ionen die am Ende des Plattenkondensators austreten, werden durch das weiterhin anliegende Magnetfeld abgelenkt und auf eine photographische Platte abgebildet.

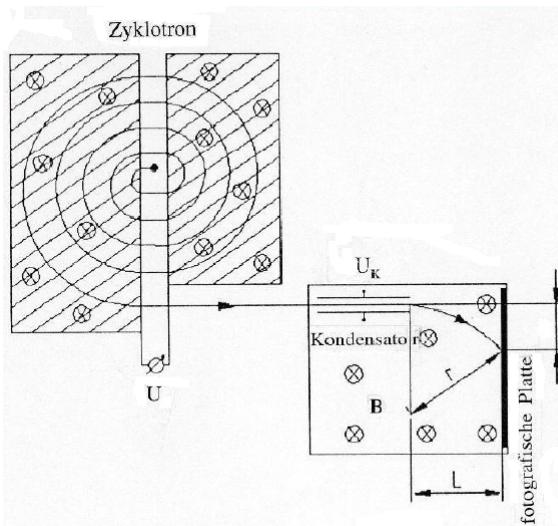


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Zyklotrons.

- Bei einer Kondensatorspannung von $U_K = 8000$ V zwischen den Platten beobachtet man, dass die Teilchen sich innerhalb des Kondensators auf einer geraden Bahn bewegen und den Kondensator auf der rechten Seite wieder verlassen. Erklären Sie diese Beobachtung. Wie groß ist die Austrittsgeschwindigkeit? Muss man relativistisch rechnen?
- Nach dem Verlassen des Kondensators tritt der Teilchenstrahl auf eine im Abstand $L = 1,6$ m positionierte photographische Platte. Die Ablenkung a , aufgrund des Magnetfeldes, beträgt 4,5 mm. Bestimmen Sie die Ruhemasse m_0 der Teilchen. Um welche Teilchenart handelt es sich?
- Wie hoch war die Anzahl der Umläufe der Teilchen im Zyklotron?
- Wie lang ist die Umlaufzeit eines Teilchens der Energie E_T im Magnetfeld B_z des Zyklotrons? Betrachten Sie hier nur den nicht relativistischen Fall ($E_{kin} \ll m_0 c^2$).

Aufgabe 2: Radionuklid**3 Punkte**

Nehmen Sie an, dass Molybdän ^{99}Mo in einem Radionuklidgenerator nur zu Technetium ^{99m}Tc zerfällt. Technetium wiederum zerfällt mit einer Halbwertszeit von $\tau_2 = 6,03$ h. Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei alles gebildete Technetium herausgewaschen worden, daher sind nur N_1 Molybdän-Atome vorhanden.

- Stellen Sie die Ratengleichung für ^{99m}Tc auf und integrieren Sie diese. Nehmen Sie hierfür an, dass die Anzahl N_1 durch die Zerfälle praktisch nicht verändert wird.
- Nach wievielen Stunden ist die Zahl der ^{99m}Tc bis auf 10^{-3} konstant?
- Stellen Sie die Ratengleichung für ^{99m}Tc nun ohne die Vereinfachung auf und integrieren Sie diese. Was verändert sich? Geben Sie den Zeitpunkt der maximalen Aktivität an.

Aufgabe 3: Phasenkontrast**3 Punkte**

Ein Körper, bestehend aus 4 Elementarwürfeln der Kantenlänge $d = 3$ mm, wird mit kohärenter Röntgenstrahlung der Energie $E = 20$ keV bestrahlt (s. Abb. 2). Er soll in Messung 1 mit einer normalen Projektionsröntgen-Aufnahme und anschließend in Messung 2 mit der Phasenkontrastmethode untersucht werden.

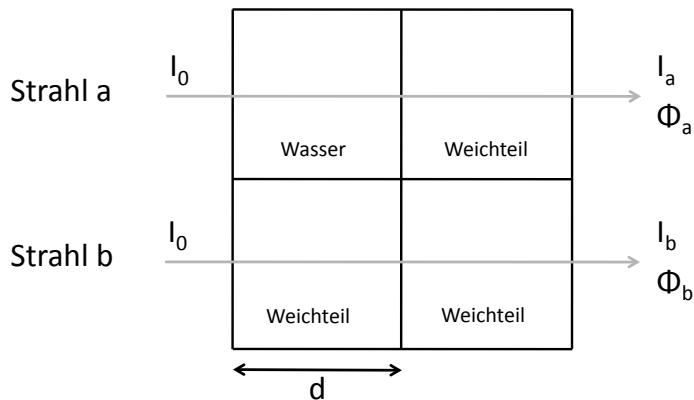


Abbildung 2: Zwei Röntgenstrahlen durchlaufen einen Körper bestehend aus 4 Elementarwürfeln.

- Zeichnen Sie für Strahl a schematisch 1.) den Verlauf der Intensität und 2.) den Verlauf der Phase über der durchlaufenen Wegstrecke. Nehmen Sie an, dass die Phase am Anfang den Wert $\Phi=0$ hat.
- Berechnen Sie den Kontrast für Messung 1 mit

$$\frac{I_a - I_b}{I_a + I_b}. \quad (1)$$

Berechnen Sie für Messung 2 die Phasendifferenz $\Delta\Phi = \Phi_a - \Phi_b$ und interpretieren Sie das Ergebnis.

Angaben: Absorptionskoeffizienten: $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 0.19 \text{ cm}^{-1}$, $\mu_{\text{Weichteil}} = 0.18 \text{ cm}^{-1}$

Annahmen: Brechungsindizes: $n_{\text{H}_2\text{O}} = 0.99999991$, $n_{\text{Weichteil}} = 0.99999992$