

2. Übung am 19. 10. 2017

8) Eine Arbeitsgruppe für Gasanalytik will ein Flugzeit-Massenspektrometer bauen. Zur Verfügung steht eine Hochspannungsversorgung die eine Spannung von $U = 5 \text{ kV}$ liefert. Weiters kann eine Driftröhre beliebiger Länge L realisiert werden.

(a) Man leite die allgemeine Abhängigkeit der Driftzeit T_D von U und L für ein Ion der Ladung q und der Masse m her.

(b) Wie groß muss L mindestens sein, damit einfach ionisierte Moleküle von $m_1 = 299 \text{ u}$ und $m_2 = 300 \text{ u}$ einen Laufzeitunterschied von $1 \mu\text{s}$ aufweisen ?

(c) Mit dem Aufbau aus (b) wird ein molekulares Gas mit der Masse $m_3 = 74 \text{ u}$ analysiert. Bei der Ionisation entstehen einfach und zweifach ionisierte Teilchen. Berechnen Sie den Flugzeitunterschied dieser Ionen.

Hinweis: 1 u (AME) entspricht $1/12$ der Masse des Kohlenstoffisotops ^{12}C

(2 Pkte)

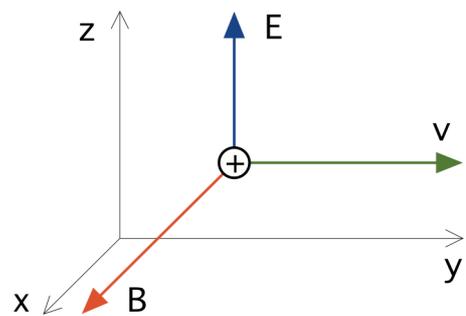
9) Ein Geschwindigkeitsfilter arbeitet mit einem $0,28 \text{ T}$ starken Magnetfeld senkrecht zu einem $0,46 \text{ MV/m}$ starken elektrischen Feld.

a) Wie schnell muss sich ein Teilchen bewegen, um das Filter ohne Ablenkung zu durchqueren? Welche kinetische Energie müssen

b) Protonen bzw.

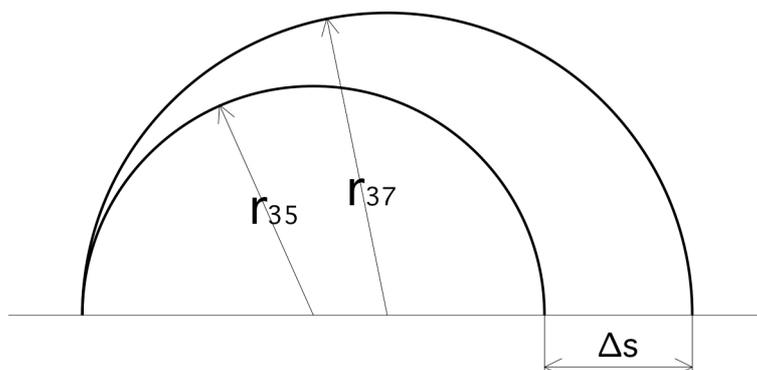
c) Elektronen haben, um das Filter ohne Ablenkung zu durchqueren?

(2 Pkte)



10) Es gibt zwei stabile Chlorisotope: ^{35}Cl und ^{37}Cl .

Eine Mischung einfach ionisierter Chloratome in der Gasphase soll mithilfe eines Massenspektrometers in die beiden Ionenanteile getrennt werden. Das Massenspektrometer arbeitet mit einer Magnetfeldstärke von $1,2 \text{ T}$ (siehe Abbildung: B-Feld nur im oberen Halbraum und senkrecht zur Zeichenebene). Die Abbildung zeigt auch die kreisförmigen Bahnen der beiden Ionensorten mit den Atommassen 35 AME bzw. 37 AME (Demtröder verwendet AME, international oft Einheit u). Die Ionen treten von links unten in das Magnetfeld ein, und wegen der unterschiedlichen Massen führt die magnetische Kraft zu Kreisbahnen mit unterschiedlichen Radien.



Welche Beschleunigungsspannung muss mindestens anliegen, damit die räumliche Trennung nach dem Durchlauf einer Halbkreisbahn 1,4 cm beträgt?

(2 Pkte)

11) 4 MeV Ne-Ionen werden unter 90° an einem Target gestreut (vgl. Bild). Das Target besteht aus einer Ni-Schicht der Dicke 75 nm auf einer Monolage Au auf einem Titan-Substrat. Die Atomgewichte von Ne, Ti, Ni bzw. Au sind 20, 48, 59 bzw. 197. Ionen dringen in das Target ein und verlieren kontinuierlich Energie infolge inelastischer Streuprozesse. Dabei sollen sie keine Ablenkung von ihrer geradlinigen Bahn erfahren. Sehr selten treten elastische Streuprozesse an Atomkernen des Targets auf, die zu Bahnablenkungen und Energieverlust führen ("Rutherford-Streuung"). In diesem Beispiel werden jene gestreuten Atome betrachtet, die eine Streuung um 90° erfahren haben. Sie können annehmen, dass ein Ion, das in den Detektor gelangt, nur einmal an einem Atomkern im Target um genau 90° gestreut worden ist und ansonsten Energie kontinuierlich entlang seiner (geradlinigen) Bahn im Target aufgrund der inelastischen Streuung verloren hat. Inelastische Energieverluste beim Durchdringen der Monolage Au können vernachlässigt werden. Die inelastischen Energieverluste im Ni (Bremsvermögen) betragen 2000 eV/nm.

(a) Leiten Sie die Beziehung zwischen der Energie für das einfallende Ion vor (E_1) und nach (E_1') einer Streuung um 90° ab (allgemein).

(b) Berechnen Sie :

Energetische Lage des Rückstreusignals von einem Au-Kern;

energetische Lage für Beginn und Ende des Rückstreusignals von Ni-Kernen;

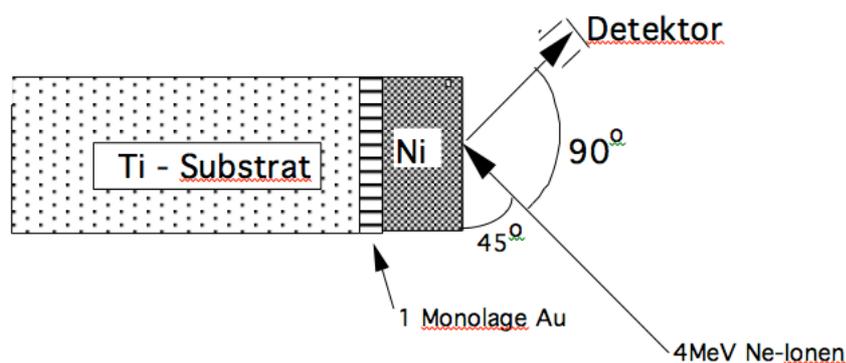
energetische Lage für Beginn des Rückstreusignals von Ti-Kernen.

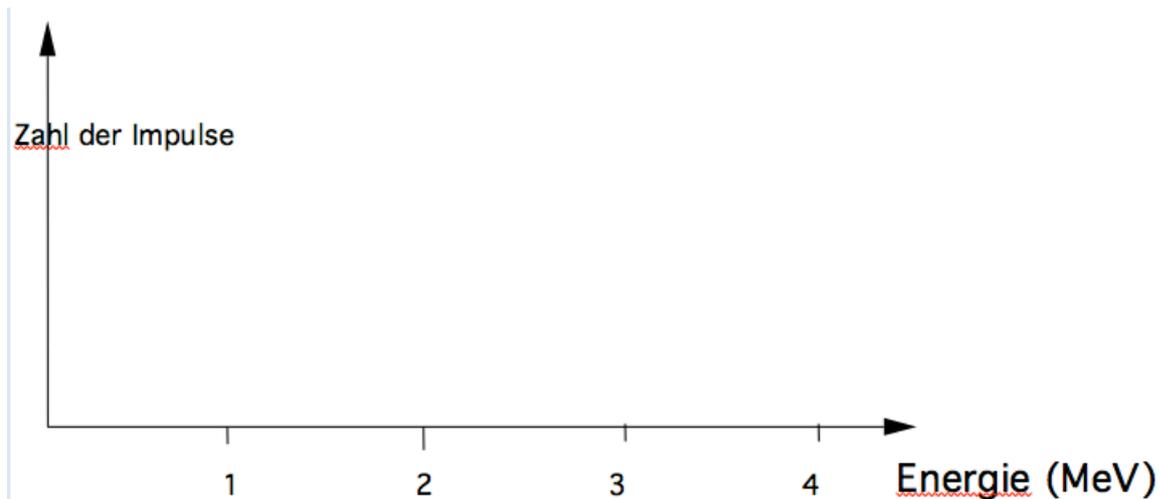
(c) Zeichnen Sie das Rückstreuenerspektrum für Ne mit den Werten aus (b) in die Skizze ein.

Beachten Sie, dass ein Ne-Ion, das z.B. an der Rückseite der Ni-Schicht gestreut wird, bereits eine Primärenergie kleiner als 4 MeV hat, was bei der Berechnung der Energie nach der Streuung berücksichtigt werden muss.

(d) Wie sieht das Spektrum aus wenn die Ni Schicht 4 x so dick ist ?

(3 Pkte)





12) Bestimmen sie den Abstand der größten Annäherung für Protonen der kinetischen Energie (i) 1,4 MeV, (ii) 14 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.

Näherung für Kernradien: $R[m] = 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot \sqrt[3]{A}$, A ... Atommasse

(1 Pkt)

13) Im Atommodell nach J. J. Thomson ist die positive Ladung Q eines Atoms gleichmäßig auf eine Kugel mit dem Radius R verteilt. Berechnen Sie die Frequenz eines Elektrons, das in dem daraus resultierendem Feld $E(r)$ Oszillationen um den Ladungsmittelpunkt ausführt. Rechnen Sie zuerst allgemein und dann für die folgenden Zahlenwerte: $Q = +1e$, $R = 0,5 \cdot 10^{-10}$ m.

(1 Pkt)