

**Institut f. Angewandte Physik**  
**UE Grundlagen der Physik III WS 2019/20**

## 2. Übung am 24. 10. 2019

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

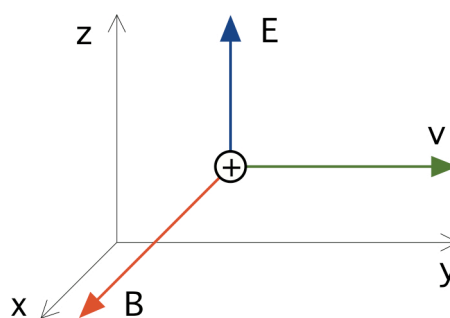
**(1 Pkte)**

**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 (in J und eV) müssen

b) Protonen bzw.

c) Elektronen haben, um das Filter ohne Ablenkung zu durchqueren? **(2 Pkte)**



**10)** Ein Zyklotron zur Beschleunigung von Protonen arbeitet mit einem Magnetfeld von  $1,4 \text{ T}$  und hat einen Radius von  $0,70 \text{ m}$ .

a) Berechne sie die Zyklotronfrequenz  $f$ .

b) Berechnen sie die kinetische Energie der Protonen beim Austritt aus dem Zyklotron.

c) Wie ändern sich ihre Ergebnisse, wenn sie Deuteronen anstelle von Protonen verwenden?

**(1 Pkt)**

**11)** Nicht-relativistischer Stoß: Ein bewegter Atomkern (Ladung  $+Z_1 \cdot e$ ) der Masse  $m_1$  stößt zentral auf einen ruhenden Atomkern (Ladung  $+Z_2 \cdot e$ ) der Masse  $m_2$ . In unendlicher Entfernung beträgt die Energie des bewegten Atomkerns  $E$ . Der Stoß sei elastisch und das Wechselwirkungspotential zwischen den beiden Teilchen ist das Coulomb Potential.

a) Berechnen sie den minimalen Abstand beim Stoß.

b) Führen sie eine Näherung für den minimalen Abstand für  $m_1 \ll m_2$  durch.

**(2 Pkte)**

**12)** Bestimmen sie den Abstand der größten Annäherung für Protonen der kinetischen Energie (i)  $1,3 \text{ MeV}$ , (ii)  $13 \text{ MeV}$ , 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.

Verwenden sie die in Demtröder III angegebene Näherung für Kernradien.

**(1 Pkt)**

**13)** 4 MeV Ne-Ionen werden unter  $90^\circ$  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  $90^\circ$  erfahren haben. Sie können annehmen, dass ein Ion, das in den Detektor gelangt, nur einmal an einem Atomkern im Target um genau  $90^\circ$  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  $2000 \text{ eV/nm}$ .

(a) Leiten sie die Beziehung zwischen der Energie für das einfallende Ion vor ( $E_1$ ) und nach ( $E_1'$ ) einer Streuung um  $90^\circ$  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)**

