

## 4. Übung am 14. 11. 2013

**17)** Ein Ion (Ladung  $+e$ ) der Masse  $m_1$  stößt zentral auf ein ruhendes Ion (Ladung  $+e$ ) der Masse  $m_2$ . In unendlicher Entfernung beträgt die Energie des bewegten Ions  $E$ . Der Stoß sei elastisch und das Wechselwirkungspotential zwischen den beiden Teilchen ist das Coulomb Potential. Berechnen Sie den minimalen Abstand beim Stoß. **(2 Pkte)**

**18)** 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 Pt können vernachlässigt werden. Die inelastischen Energieverluste im Ni (Bremskraft) 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  $90^\circ$  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 Rückstreuenenergiespektrum 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

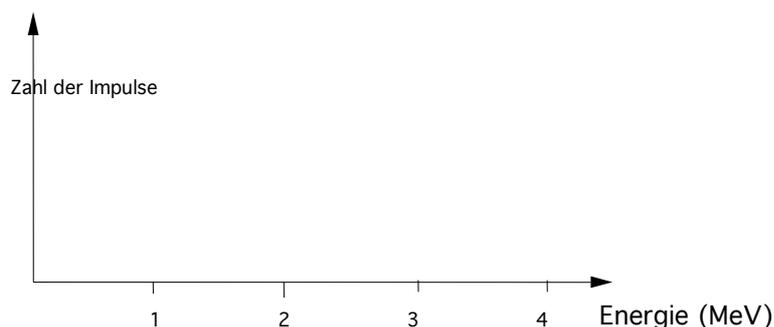
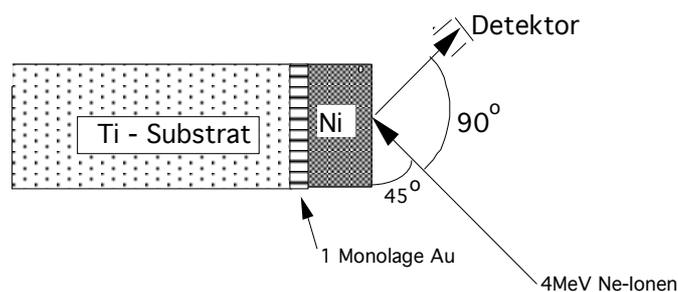
berücksichtigt werden muss.

(d) Wie sieht das Spektrum

aus wenn die Ni Schicht 4 x

so dick ist ?

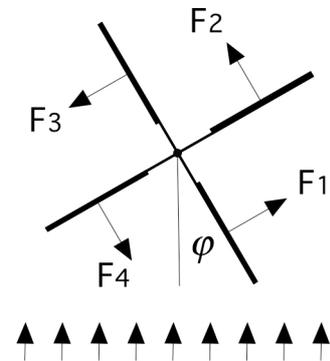
**(3 Pkte)**



19) a) Geben Sie eine Formel an für die Kraft, die ein Laserstrahl der Leistung  $P$  auf einen vollständig reflektierenden Spiegel ausübt. Warum ist diese Kraft unabhängig von der Wellenlänge des Lasers, obwohl der Photonenimpuls das nicht ist?

b) Schätzen Sie grob ab, welche Lichtkraft der sichtbare Anteil der Sonnenstrahlung (rund  $1 \text{ kW/m}^2$ ) auf die Erde ausübt! ( $R = 6378 \text{ km}$ , Annahme: die Erde absorbiert das gesamte Licht)

c) Aus Läden mit „physikalischen Ziergegenständen“ kennt man sogenannte „Lichtmühlen“. Dabei handelt es sich um ein horizontal gelagertes, rotierendes Kreuz mit z.B. vier senkrechten Plättchen, die auf einer Seite schwarz (fett gezeichnet in Abbildung) und auf der anderen Seite verspiegelt sind. Das Ganze befindet sich in einer grob evakuierten Glaskugel, um den Luftwiderstand zu reduzieren. Wird die Lichtmühle homogen mit Licht bestrahlt, beginnt sich das Kreuz zu drehen (homogen heißt, alle Plättchen werden gleichermaßen beleuchtet, z.B. von einer ebenen Welle entsprechend Pfeilrichtung, vernachlässigen Sie aber Abschattungseffekte der Plättchen untereinander).



Sowohl die geschwärzte, als auch die verspiegelte Seite erfahren einen Impulsübertrag aus dem Lichtfeld. Warum entsteht dabei ein Drehmoment? Schätzen sie das Drehmoment ab, wenn die einzelnen Plättchen jeweils  $10 \text{ cm}^2$  groß sind, der Mittelpunkt  $7 \text{ cm}$  von der Drehachse entfernt ist, und das eingestrahelte Licht eine ebene Welle mit einer Intensität von  $150 \text{ mW/cm}^2$  ist. Im Schaufenster des „Physik-Gadget-Ladens“ dreht sich die Lichtmühle allerdings in die andere Richtung! Warum? (Hinweis: das Vakuum in der Glaskugel ist nicht perfekt).

(3 Pkte)

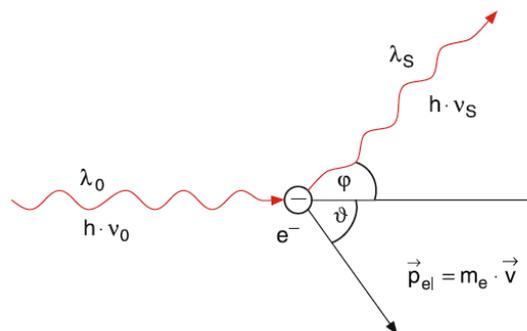
20) Ein Röntgenquant der Wellenlänge  $\lambda_0$  wird an einem ruhenden Elektron um den Winkel  $\varphi$  gestreut.

(a) Leiten Sie aus Energie und Impulserhaltung die Compton-Streuformel für  $\lambda_s$  ab.

(b) Welchen Energiebetrag  $\Delta E_{el}$  nimmt das Elektron auf?

(c) Unter welchem Winkel  $\vartheta$  gegenüber der einfallenden Röntgenstrahlung bewegt sich dann das Elektron?

Rechnen Sie zunächst allgemein und dann für  $\lambda = 0,102 \text{ nm}$  und  $\varphi = 77^\circ$ .



(2 Pkte)