

Physik IV 2009 - Übung 4

12. März 2009

1. Wirkungsquerschnitt bei Atomstreuung Σ 1½

- (a) In einem Gasentladungsrohr werden Strahlen positiver Ionen erzeugt. Wie oft stösst ein Ion im Mittel ($r = 0.05$ nm) mit einem Atom des idealen Füllgases ($r = 0.1$ nm) zusammen, wenn es im Entladungsrohr eine gerade Strecke von 1 cm zurücklegt und der Druck im Rohr 10^{-2} mbar und die Temperatur $T = 300$ K beträgt? Wie gross ist die mittlere freie Weglänge? ($1 \text{ mbar} \hat{=} 10^2 \text{ Pa}$) [1]
- (b) In Ultrahochvakuumexperimenten kann ein Druck von weniger als 10^{-12} mbar erreicht werden. Wieviele Teilchen eines Ionenstrahls erleiden beim Durchlaufen einer Strecke von 1 km bei diesem Druck einen Zusammenstoss? [½]

2. Avogadro Konstante: Σ 3

Die Avogadro-Konstante ist die Anzahl der Atome in 12 g an ^{12}C , also ein *Mol*.

- (a) Berechnen Sie die molare Masse von CO_2 , Ag_2O , Fe_2O_3 und UF_6 . [½]
- (b) Ein Neutronendetektor mit einer Länge von 5 cm und einem Durchmesser von 5 cm ist mit einem (idealen) ^3He Gas gefüllt. Der Druck beträgt 10 bar. Wie viel Mol ^3He befinden sich im Detektor und wie gross ist die Masse des Gases? [½]
- (c) Neutronen treffen mit einer Rate von 10^4 s^{-1} auf den Detektor und werden an den ^3He Atomen gestreut ($n + ^3\text{He} \rightarrow p + ^3\text{H} + 770 \text{ keV}$). Wie lange können Neutronen mit diesem Detektor gezählt werden, bis 1% des Gases verbraucht sind? [½]
- (d) Berechnen Sie den Radius einer Silizium Kugel (^{28}Si) mit einer Masse von 1 kg. Das atomare Volumen, d.h. das Volumen eines einzelnen Atoms im Silizium Kristall, ist durch $V_{atom} = \sqrt{8}d_{220}^3$ gegeben. Der Gitterabstand der (220)-Netzebene $d_{220} = 192015.568 \pm 0.012 \text{ fm}$. [½]



Abbildung 1: Silizium Kugel zum Messen der Avogadro Konstante

- (e) Um die Avogadro-Konstante N_A mit hoher Präzision messen zu können, müssen auch alle anderen relevanten Parameter wie die molare Masse von Silizium, die Reinheit, das Volumen und die Masse des Kristalls, sowie der Netzebenenabstand genau bekannt sein. Welche Präzision in der Bestimmung des Radius der Siliziumkristallkugel wird mindestens benötigt, damit N_A mit einer relativen Genauigkeit von 10^{-6} bestimmt werden kann? [$\frac{1}{2}$]
- (f) Es gibt drei natürlich vorkommende Silizium-Isotope: ^{28}Si , ^{29}Si und ^{30}Si mit den relativen Häufigkeiten 92.23%, 4.68% und 3.09%. Wie verändert sich der Radius der Kristallkugel, wenn diese Unreinheiten mitberücksichtigt werden? [$\frac{1}{2}$]

3. Massenspektroskopie [$2\frac{1}{2}$]

Mit geeignet gewählten magnetischen und elektrischen Feldern kann die Masse geladener Teilchen bestimmt werden.

- (a) Ein Ionenstrahl bestehend aus den Isotopen $^1\text{H}^+$, $^2\text{H}^+$ and $^3\text{H}^+$ wird auf 1 kV beschleunigt und durchquert ein magnetisches Feld orthogonal zur Strahlrichtung auf einer Länge von 10 cm. Wie gross muss in etwa die Magnetfeldstärke gewählt um die Isotope voneinander unterscheiden zu können, wenn die räumliche Auflösung des Detektors direkt hinter dem Feld 1 mm beträgt? [1]
- (b) Bei der Parabelmethode wird zusätzlich ein elektrisches Feld parallel zum Magnetfeld angelegt. Worin liegt der Vorteil dieser Vorgehensweise? [$\frac{1}{2}$]
- (c) Mit der gleichen Methode kann die Masse von Elektronen bestimmt

werden. Elektronen werden nun auf 1 kV bzw. 300 kV beschleunigt. Im Gegensatz zur obigen Feststellung kann ein Unterschied in der Parabelform $y = ax^2$ gemessen werden. Erklären Sie warum und berechnen Sie den Unterschied im Verhältnis q/m . [1]

4. Rutherford Streuung Σ 3

- (a) In einem Rutherford-Streuexperiment mit einer Goldfolie werden 10^3 α -Teilchen pro Sekunde detektiert. Der Winkel zwischen dem Detektor und der Goldfolie beträgt 10° . Wieviele α -Teilchen würden pro Sekunde unter dem gleichen Winkel detektiert, wenn die Goldfolie durch eine Silberfolie mit gleicher Dicke ersetzt wird? [$\frac{1}{2}$]
- (b) Berechnen Sie für beide Materialien unter welchem Winkel die α -Teilchen Detektionsrate unter 1 s^{-1} fällt? [$\frac{1}{2}$]
- (c) Was würden Sie erwarten, wenn anstatt α -Teilchen Elektronen, Protonen oder Neutronen für ein Rutherford-Streuexperiment verwendet werden? Begründen Sie Ihre Antwort. [1]
- (d) Die Rutherford-Streuformel verliert Ihre Gültigkeit sobald die einfallenden Teilchen in die Nähe des Kerns kommen. Wie gross muss die Energie eines *Protonenstrahls* sein um diesen Grenzfall zu erreichen? Der Radius des Atomkerns von Gold beträgt $1.3 \times 10^{-15} \text{ m}$. [1]