

# Physik IV 2010 - Übung 4

19. März 2010

## 1. Bragg-Streuung - Avogadro Konstante

$\Sigma$  2

- (a) Leiten Sie mit Hilfe einer Skizze einen Ausdruck für die Bragg-Streuung von Röntgenstrahlen an einem Kristall her, der den Streuwinkel  $\theta$  der Intensitätsmaxima, die Gitterkonstante  $a$  und die Wellenlänge  $\lambda$  beinhaltet.

[1]

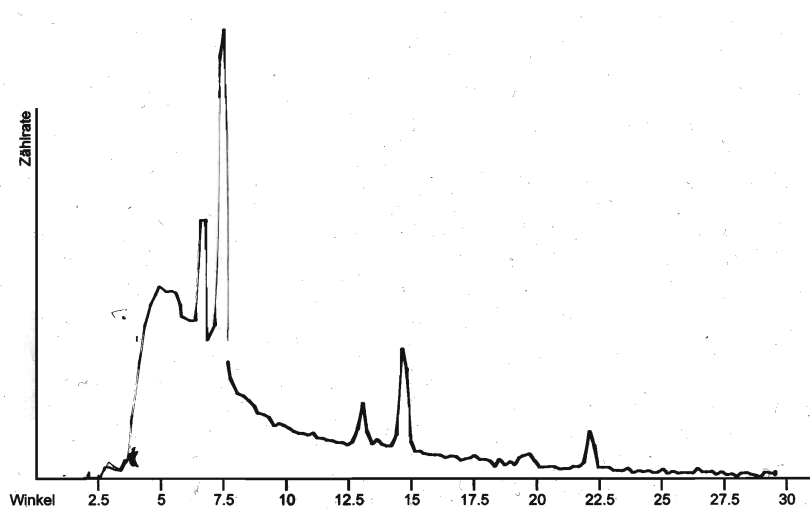


Abbildung 1: Durch Bragg-Streuung erzeugtes Röntgenspektrum an NaCl.

- (b) In der obigen Abbildung ist die Winkelabhängigkeit der Streuung in einem Bragg-Experiment gezeigt. Die Intensitätsmaxima treten in Paaren auf, da die Röntgenquelle Strahlung zweier unterschiedlicher Wellenlängen emittiert, wobei die längere Wellenlänge  $7.1 \times 10^{-11}$  m beträgt. Berechnen Sie zum einen die Gitterkonstante des NaCl-Kristalls aus dem beobachteten Streuwinkel und schätzen Sie zum anderen die zweite Wellenlänge ab.

[ $\frac{1}{2}$ ]

- (c) Die Dichte von NaCl beträgt  $2.16 \text{ g/cm}^3$ , das Gewicht ist  $58.5 \text{ g/mol}$  und die Na und Cl Atome sind alternierend in einem einfachen kubischen Kristallgitter angeordnet. Berechnen Sie daraus und aus Ihrem Resultat aus (b) den Wert der Avogadro-Konstante.  $[\frac{1}{2}]$

**2. Avogadro Konstante:**

$\Sigma 3$

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

- (a) Berechnen Sie die molare Masse von  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und  $\text{UF}_6$ .  $[\frac{1}{2}]$
- (b) Ein Neutronendetektor mit einer Länge von  $5 \text{ cm}$  und einem Durchmesser von  $5 \text{ cm}$  ist mit einem (idealen)  $^3\text{He}$  Gas gefüllt. Der Druck beträgt  $10 \text{ bar}$ . Wie viel Mol  $^3\text{He}$  befinden sich im Detektor und wie gross ist die Masse des Gases?  $[\frac{1}{2}]$
- (c) Neutronen treffen mit einer Rate von  $10^4 \text{ s}^{-1}$  auf den Detektor und werden an den  $^3\text{He}$  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?  $[\frac{1}{2}]$
- (d) Berechnen Sie den Radius einer Silizium Kugel ( $^{28}\text{Si}$ ) mit einer Masse von  $1 \text{ kg}$ . 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  $d_{220} = 192015.568 \pm 0.012 \text{ fm}$ .  $[\frac{1}{2}]$



Abbildung 2: 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:  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$  und  $^{30}\text{Si}$  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 $\Sigma$ 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  $q/m$ . [ $\frac{1}{2}$ ]

### 4. Rutherford Streuung $\Sigma$ 3

(a) In einem Rutherford-Streuexperiment mit einer Goldfolie werden  $10^3$   $\alpha$ -Teilchen pro Sekunde detektiert. Der Winkel zwischen dem Detektor und der Goldfolie beträgt  $10^\circ$ . Wieviele  $\alpha$ -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  $\alpha$ -Teilchen Detektionsrate unter  $1 \text{ s}^{-1}$  fällt? [ $\frac{1}{2}$ ]

- (c) Was würden Sie erwarten, wenn anstatt  $\alpha$ -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  $1.3 \times 10^{-15}$  m. [1]