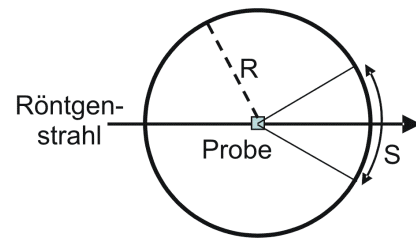


11. Übungsblatt	Universität Karlsruhe Institut für Experimentelle Kernphysik
Ausgewählte Kapitel der Physik SS 2007	Prof. Dr. G. Quast
Ausgabe: 11.07.2007 Besprechung: 19.07.2007	Dr. T. Kuhr Thomas.Kuhr@ekp.uni-karlsruhe.de

Festkörper- und Kernphysik, Wiederholung

Aufgabe 1: Debye-Scherrer Verfahren

Beim Debye-Scherrer Verfahren wird monochromatische Röntgenstrahlung an einer polykristallinen Pulverprobe gebeugt. Die Probe befindet sich im Mittelpunkt eines kreisförmig angeordneten Filmstreifens (Radius $R = 57.4$ mm). Durch Beugung an einzelnen Netzebenen werden auf dem Film symmetrisch zum Austrittsloch liegende Beugungsringe (Abstand S) sichtbar.



- Leiten Sie eine allgemeine Formel für den Netzebenenabstand d als Funktion des Abstands S der Beugungsringe her.
- Es wird die $\text{Cu-}K_\alpha$ -Linie ($\lambda = 0.154$ nm) verwendet. 2 Beugungsringe mit Abstand $S_1 = 123.6$ mm und $S_2 = 186.2$ mm werden beobachtet. Berechnen Sie die zugehörigen Netzebenenabstände d_1 und d_2 .
- Nehmen Sie an, dass die Substanz die primitiv-kubische Gitterstruktur(sc) besitzt. Angenommen d_1 entspricht der Gitterkonstante (d.h. kleinster Abstand benachbarter Atome im Gitter), welcher Netzebene ist dann d_2 zuzuordnen?
(Hinweis: Berechnen Sie d_2/d_1 und vergleichen Sie mit dem Verhältnis von Diagonale und Kantenlänge eines Quadrats.)

Aufgabe 2: Driftgeschwindigkeit von Elektronen und elektrische Leitfähigkeit

Kupfer ist ein monovalentes Metall. Bei Zimmertemperatur wird eine elektrische Leitfähigkeit von $\sigma = 5,9 \cdot 10^7$ A/Vs gemessen.

- Wie groß ist die Driftgeschwindigkeit v_D von Elektronen in einem Kupferdraht mit Radius $r = 0,815$ mm, wenn durch diesen ein Strom von 1A fließt?
Nehmen Sie dazu an, dass jedes Kupfer-Atom ein Elektron beiträgt.
- Wie groß ist die Dichte der Elektronen im Leitungsband?
- Berechnen Sie die mittlere Stoßzeit der Elektronen.
- Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der für den Leitungsprozess relevanten Elektronen im Vergleich zur Gitterkonstante von Kupfer?

Beachten Sie die Umrechnung von Energieeinheiten: $1 \text{ VAs} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ J}$
 Fermienergie bei Kupfer: $E_F = 7 \text{ eV}$; Gitterkonstante von Kupfer: $a = 0,26 \text{ nm}$
 Dichte von Kupfer: $\rho = 8,96 \text{ g/cm}^3$; Molmasse von Kupfer: $M = 63,5 \text{ g/mol}$
 Avogadro-Konstante: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Aufgabe 3: Atomkerne und Kernreaktionen (alte Klausuraufgabe)

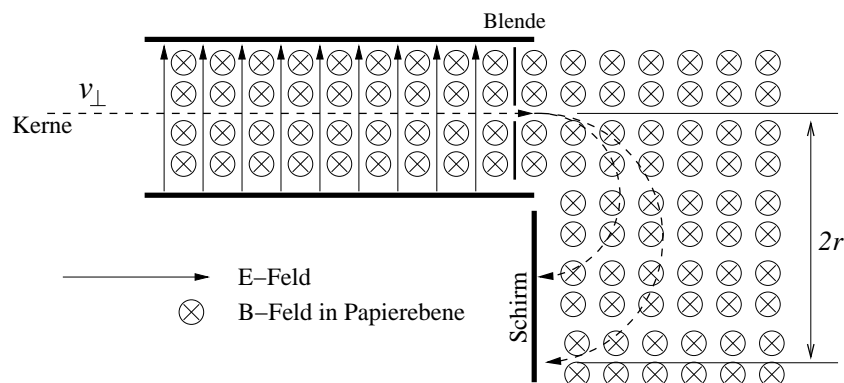
- Berechnen Sie anhand des Massendefekts die Bindungsenergie pro Nukleon für ein α -Teilchen (in MeV).
- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf der Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl. Markieren Sie die Bereiche, in denen ein Energiegewinn durch Kernfusion bzw. Kernspaltung möglich ist.
- Ein Tierknochen mit dem Kohlenstoffgehalt von 200 g zeigt auf Grund des Zerfalls von ^{14}C eine β -Zerfallsrate von 400 Zerfällen pro Minute. Wie alt ist der Knochen, wenn man annimmt, dass zu Lebzeiten des Tieres das Verhältnis von ^{14}C zu ^{12}C $1,3 \cdot 10^{-12}$ betrug?

Aufgabe 4: Wellen (alte Klausuraufgabe)

- Geben Sie die eindimensionale Wellengleichung für harmonische Wellen $f(z, t)$ an.
- Zeigen Sie, dass eine ebene Welle mit Kreisfrequenz ω und Wellenzahl k die Wellengleichung löst. Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit c und ω , k .
- Geben Sie die zeitabhängige Schrödingergleichung für ein feies Teilchen an. Zeigen Sie, dass reelle ebene Wellen der Form $\psi(x, t) = A \cdot \sin(kx - \omega t)$ keine Lösungen sind.
- Zeigen Sie, dass komplexe Wellen der Form $\psi(x, t) = A \cdot \exp(i(kx - \omega t))$ Lösungen der zeitabhängigen Schrödingergleichung für ein freies Teilchen sind. Beschreiben Sie in Worten die Bedeutung der "Wellenfunktion" ψ .

Aufgabe 5: Teilchen in Elektrischen und Magnetischen Feldern (alte Klausuraufgabe)

- Ein Strahl positiv geladener Kerne fliege mit einer Geschwindigkeit v_{\perp} in ein Gebiet mit senkrecht aufeinanderstehenden E - und B -Feldern (siehe Abbildung). Leiten Sie einen Ausdruck für die Geschwindigkeit $v(E, B)$ her, für welche die Teilchen geradlinig durch die gekreuzten Felder E und B fliegen.
- Nach dem Durchfliegen einer Blende fliegen die Kerne nur noch in dem oben genannten B -Feld. In welchem Abstand von der Lochblende treffen Protonen ($^1\text{H}^+$) bzw. α -Teilchen ($^4\text{He}^{++}$) auf den unterhalb der Blende liegenden Schirm auf, wenn $E = 5000 \text{ Vm}^{-1}$ und $B = 0.01 \text{ T} = 0.01 \text{ Vs m}^{-2}$ ist.



Elementarladung $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; atomare Masseneinheit $u = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Masse des Protons $m_p = u$; Masse des α -Teilchens $m_{\alpha} = 4u$