
Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Übungsblatt 11 - 24. Januar 2011

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

Aufgabe 1 (★) (2 Punkte)

Traubenzucker ist optisch aktiv und zeigt ein spezifisches Drehvermögen $\beta_0 = 91.9^\circ/100\text{mm}$ in wässriger Lösung bei einer Konzentration von 1g/cm^3 und einer Lichtwellenlänge von $\lambda = 589.3\text{nm}$. Welchen Drehwinkel messen Sie bei gleicher Lichtwellenlänge, einer Konzentration von 0.7g/cm^3 und einer Schichtdicke von 70mm ?

Aufgabe 2 (★) (4 Punkte)

Linear polarisiertes Licht einer Na-Lampe ($\lambda = 589\text{nm}$) wird durch eine 20cm dicke Probe Monobromnaphthalin (Verdet-Konstante $V = 0.1029'/\text{Ampère}$ bei dieser Wellenlänge) gestrahlt, welches sich in einem longitudinalen Magnetfeld mit $B = 1\text{T}$ befindet, d.h. die Feldlinien sind parallel zur Ausbreitungsrichtung des Lichts.

- Um welchen Winkel verschiebt sich die Polarisationsrichtung des Lichts?
- Was passiert, wenn das Licht nach dem Durchlaufen der Probe gespiegelt wird und die Probe ein zweites Mal durchläuft? Was würde bei einem vergleichbaren Experiment ohne Magnetfeld aber mit einer optisch aktiven Substanz passieren?

Aufgabe 3 (★★) (7 Punkte)

In einem MnO -Kristall sind die Mn -Atome so angeordnet, dass sie die Eckpunkte und die Mittelpunkte der Seitenflächen eines Würfelgitters mit der Kantenlänge $a_c = 0.442\text{nm}$ bilden (fcc: kubisch flächenzentriertes Gitter). In einem geeignet gewählten Koordinatensystem sind also die Koordinaten x, y, z der an den Eckpunkten sitzenden Mn -Atome durch $x = n_x \cdot a_c, y = n_y \cdot a_c, z = n_z \cdot a_c$, und die Koordinaten x', y', z' , der auf den Seitenflächen sitzenden Mn -Atome durch $x' = (n_x + 1/2) \cdot a_c, y' = (n_y + 1/2) \cdot a_c, z' = n_z \cdot a_c$ oder $x' = (n_x + 1/2) \cdot a_c, y' = n_y \cdot a_c, z' = (n_z + 1/2) \cdot a_c$ oder $x' = n_x \cdot a_c, y' = (n_y + 1/2) \cdot a_c, z' = (n_z + 1/2) \cdot a_c$ gegeben, wobei n_x, n_y und n_z ganze Zahlen sind.

- Berechnen Sie die möglichen Winkel, unter denen monochromatische Röntgenstrahlung der Wellenlänge $\lambda = 0.154\text{nm}$ (so genannte $Cu-K_\alpha$ -Strahlung) auf die zu den Würfelseiten parallelen Netzebenen auftreffen muß, damit an diesen Bragg-Reflexion auftritt.
- Kühlt man den MnO -Kristall auf eine Temperatur unterhalb von 120K ab, so wird er magnetisch. Die magnetische Einheitszelle ist ebenfalls kubisch. Zur Untersuchung der magnetischen Struktur werden Neutronen der Energie $E = 2.227\text{meV}$ mit gleicher Einfallrichtung wie die Röntgenstrahlung am MnO -Kristall gebeugt. (Warum verwendet man

Neutronen?) Dabei beobachtet man Bragg-Reflexion bei den Einfallswinkeln $\alpha_1 = 20.0^\circ$ und $\alpha_2 = 43.2^\circ$. Wieviele "chemische" Einheitszellen umfaßt eine "magnetische Einheitszelle"?

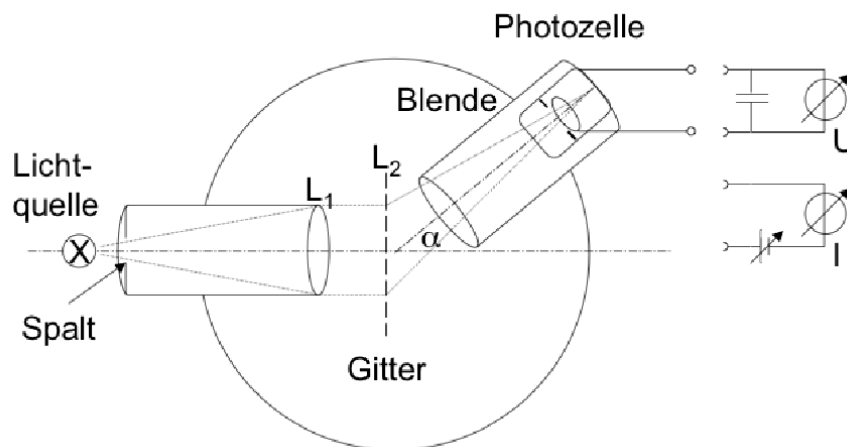
Aufgabe 4 (★★) (11 Punkte)

Ein Photon, das von einem Atom ausgesandt wird, überträgt auf dieses einen Rückstoßimpuls.

- Wie groß ist die kinetische Energie, die dabei auf das Atom abgegeben wird, wenn ν die Frequenz des Photons und M die Masse des Atoms ist?
- Wie groß ist die Rückstoßenergie, die bei der Aussendung der Quecksilberspektrallinie $\lambda = 2537\text{\AA}$ auf das Hg -Atom übertragen wird ($M_{Hg} = 200.6u$)?
- Wie groß ist die entsprechende Rückstoßenergie bei der Aussendung eines γ -Quanten der Energie 1.33 MeV durch ^{60}Ni ($M_{Ni} = 58.7u$)?
- Vergleichen Sie diese Werte mit der Energieunschärfe aufgrund der Lebensdauer ($\tau_{Hg} \approx 10^{-8}s$, $\tau_{Ni} \approx 10^{-14}s$).

Aufgabe 5 (★★) (19 Punkte)

In dem unten skizzierten Gitterspektrometer fällt das Licht einer Quecksilberdampfampe auf ein Gitter mit 570 Strichen pro mm. In der Brennebene der Sammellinse L_2 befindet sich die Kaliumkathode einer Vakuumphotozelle. L_2 , Blende und Photozelle sind in einen Tubus eingebaut, der sich um den Mittelpunkt des Gitters drehen lässt. Der Drehwinkel α kann auf 0.01° genau abgelesen werden.



Quecksilber-Linien: $\lambda_{min} = 404.7\text{ nm}$, $\lambda_{max} = 579.1\text{ nm}$

Kalium-Grenzwellenlänge: $\lambda_K = 551\text{ nm}$

- In welchem Winkelbereich (α_{min} ; α_{max}) werden alle sichtbaren Linien des Quecksilberspektrums 1. Ordnung erfasst?

b) Bei welchen Spektrallinien tritt der Photoeffekt auf?

Parallel zur Photozelle der gegebenen Anordnung ist nun ein Kondensator geschaltet. Die anliegende Spannung wird mit einem statischen Voltmeter gemessen. Nach jeder neuen Winkeleinrichtung des Tubus wird der Kondensator entladen.

c) Erklären Sie ausführlich, wie sich durch Photoeffekt mit dem monochromatischen Licht eine charakteristische Spannung am Kondensator aufbaut. Wie groß ist diese Spannung, wenn an der Apparatur der Winkel $\alpha = 13.44^\circ$ eingestellt ist?

d) Der Drehwinkel wird nun schrittweise vergrößert. Bei welchem Winkel α_2 stellt sich zum ersten Mal wieder die Spannung von Teilaufgabe c) ein?

Nun wird eine regelbare Gleichspannungsquelle in Reihe mit einem empfindlichen Strommesser an die Photozelle geschaltet.

e) Die Photozelle wird so beleuchtet, dass Photoeffekt stattfindet. Die Gleichspannung wird von $U = 0$ an schrittweise erhöht. Zeichnen Sie ein qualitatives $U - I$ -Diagramm, und erläutern Sie dessen Verlauf.

Bei der Bestrahlung mit Licht treffen auf die Kathode $20\text{W}/\text{m}^2$. Dabei werden 10% der Lichtenergie absorbiert, der Rest wird reflektiert. Die bestrahlte Fläche ist 0.50cm^2 groß.

f) Würde man den Photoeffekt durch das Wellenmodell des Lichtes deuten, so müsste sich die Energie der Lichtwelle gleichmäßig auf die Kaliumatome im beleuchteten Teil der Kathode verteilen. Der Photoeffekt würde auftreten, sobald die pro Atom absorbierte Energie die Austrittsarbeit für Elektronen erreicht. Schätzen Sie unter Zugrundlegung dieses Modells die Zeitdauer vom Beginn der Bestrahlung bis zum Eintreten des Photoeffekts ab. Eindringtiefe des Lichts in die Kathode ist 10nm , Dichte von Kalium beträgt $\rho_K = 0.86\text{g}/\text{cm}^3$.

g) Welcher Befund beim Photoeffekt steht dem Ergebnis von Teilaufgabe f) entgegen?

h) Welcher Photostrom ergibt sich bei einer Lichtwellenlänge von 407.8nm für eine Quantenausbeute von einem Elektron pro 10^4 absorbierte Photonen?