

Wellen und Dipolstrahlung

Florian Hrubesch

25. März 2010

1 Bragg Reflexion

1.1 Natriumkristall

- In kristallinem Natrium sitzen die Atome auf den Eck- und Mittelpunkten eines (flachenzentriert kubisches Gitter), das aus würfelförmigen Einheitszellen der Kantenlänge $a = 4,29\text{\AA}$ aufgebaut ist. Sie beugen monochromatische Röntgenstrahlung der Wellenlänge $\lambda = 1,54\text{\AA}$ an den zu den Würfelseiten parallelen Netzebenen. Bei welchen Beugungswinkeln tritt Bragg-Reflexion auf?
- Ein Neutronenstrahl fällt auf polykristallines Wismut (größter Gitterebenenabstand 4\AA). Man suche den Energiebereich der Neutronen, für den dieser Filter keine kohärente Streuung liefert. Leiten Sie diesen aus dem Ausdruck $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$ her.

1.2 Monochromator

Thermische Neutronen (20°C) aus einem Reaktor werden durch Bragg-Streuung an einem Silizium-Einkristall monochromatisiert.

- Die Neutronen mit der Energie $E_b = k_b T$ werden dabei um 33.2° von der Einfallsrichtung abgelenkt. Berechnen Sie unter der Annahme, dass es sich um einen Bragg-Peak erster Ordnung handelt, den Netzebenenabstand von Silizium.
- Der gleiche Monochromator soll nun für Photonen benutzt werden. Welche Energie müssen diese haben, wenn die gestreuten Photonen unter dem gleichen Winkel beobachtet werden sollen?
- Wie groß wäre der Ablenkwinkel bezüglich der Einfallsrichtung bei Elektronen mit einer kinetischen Energie von 1 MeV?

2 Photoeffekt

2.1 Diskrete Lichtquelle

Mit der Gegenfeldmethode wird beim Photoeffekt die kinetische Energie der herausgelösten Elektronen bestimmt. Eine Photokathode aus Cäsium mit einer Austrittsarbeit $W_A = 1,9\text{eV}$ wird von einer Lichtquelle beschienen, die kein kontinuierliches Spektrum emittiert, sondern drei diskrete Linien. Als Funktion der Gegenspannung wird folgender Elektronenstrom gemessen: Bestimmen

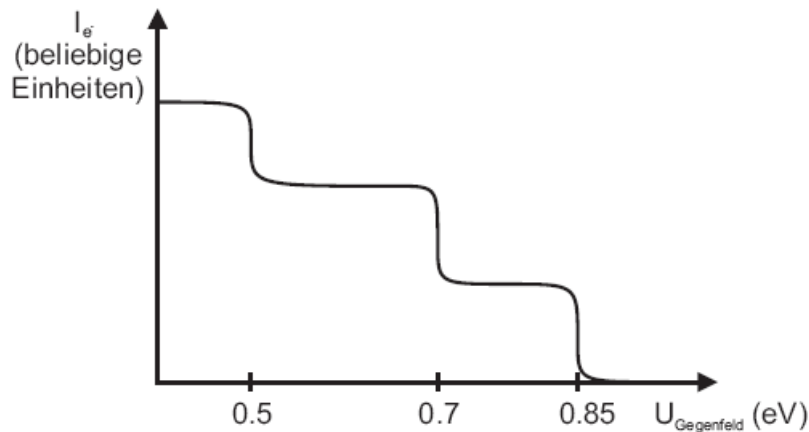


Abbildung 1: Photostrom in Abhängigkeit von der Gegenspannung

Sie mit Hilfe des Planckschen Wirkungsquantums $h = 6,63 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$

- die Photonenenergien in eV
- die Lichtfrequenzen in THz
- die Wellenlängen der drei Spektrallinien in nm.
- Wie groß ist die Unsicherheit (größter Fehler) in der Bestimmung der Wellenlängen (Teilaufgabe c)), wenn die Unsicherheit der Ablesung der Gegenfeldspannung $0,03\text{ eV}$ beträgt? Geben Sie die Unsicherheit für alle drei Wellenlängen absolut und relativ an!

2.2 Photozelle

Blaues Licht der Wellenlänge $\lambda = 430\text{ nm}$ falle auf eine Photozelle, deren lichtelektrische Schicht eine Quantenausbeute von $\eta = N_e/N_{ph} = 0.14$ (N_e : Zahl der ausgelösten e^- , N_{ph} : Zahl der eingestrahnten Photonen) aufweist.

- a) Wie groß ist die Strahlungsleistung P des auf die Photozelle fallenden blauen Lichts, wenn ein maximaler Photoelektronenstrom von $I = 0.5mA$ gemessen wird?
- b) Welche Elektronenaustrittsarbeit W_a hat das Material der lichtelektrischen Schicht, wenn durch ein Gegenfeld der Spannung $U \geq 0.94 V$ der Photoelektronenstrom vollständig unterdrückt wird?
- c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Photoelektronen bei einer Gegenspannung von $U = 0V$
- d) Für welche Wellenlänge tritt keine Photoelektronenstrom auf, wenn Sie annehmen, dass die lichtelektrische Schicht aus Cäsium besteht und die Elektronenaustrittsarbeit $W_a = 2.14 eV$ beträgt?

3 Comptoneffekt

Ein Photon (γ -Quant) der Energie $E_{\gamma 0} = 1173keV$ wird an freien Elektronen gestreut.

- a) Berechnen Sie die Wellenlänge des Photons. Hinweis: 1 eV ist die Energie, die ein Proton mit Ladung $q = +e = 1.6 \cdot 10^{-19}C$ erhält, wenn es eine Potentialdifferenz von $U = 1 V$ durchläuft.
- b) Wie groß ist die maximale Wellenlängenverschiebung und unter welchem Winkel θ tritt sie auf?
- c) Welche kinetische Energie erhalten die Elektronen in diesem Fall?

4 Schwarzkörperstrahlung

4.1 Rote Riesen

Rote Riesen haben typischerweise eine Oberächentemperatur von 3000 K. Berechnen Sie unter der Annahme, dass der Stern sich wie ein schwarzer Strahler verhält:

- a) die gesamte emittierte Strahlungsleistung.
- b) die Wellenlänge λ_{max} bei der das Strahlungsspektrum $P(\lambda, T)$ einen Peak aufweist.
- c) den Anteil der Energie, der im sichtbaren Bereich des em Spektrums emittiert wird.
- e) Warum gibt es rote und blaue aber keine grüne Sterne?

4.2 Oberflächentemperatur von Sonne und Erde

- a) Außerhalb der Erdatmosphäre misst man das Maximum des Sonnenspektrums bei einer Wellenlänge von $\lambda = 465nm$. Bestimmen Sie daraus die Oberflächentemperatur der Sonne unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper ist.
- b) Tatsächlich ist die Oberflächentemperatur der Sonne $T_s = 5700K$. Berechnen Sie nun die Oberflächentemperatur der Erde. Nehmen Sie dazu an, dass die Erde ein schwarzer Körper im thermischen Gleichgewicht ist. Die Temperatur der Erdoberfläche werde Tag und Nacht gleich angenommen. Der Abstand Sonne-Erde ist $a = 150 \cdot 10^6 km$. Der Radius der Sonne ist $r_s = 6.96 \cdot 10^5 km$ und der der Erde $R = 6378 km$