

# FK Experimentalphysik 3, Übungsblatt 4

## 1 Sterne als schwarze Strahler

Betrachten sie folgende Sterne:

1. Einen roten Stern mit einer Oberflächentemperatur von 3000 K
2. einen gelben Stern mit einer Oberflächentemperatur von 6000 K
3. einen blauen Stern mit einer Oberflächentemperatur von 10000 K

**Hinweis:** Nach dem Planckschen Strahlungsgesetz gilt für das spektrale Emissionsvermögen eines schwarzen Strahlers:

$$M(\lambda, T) = \frac{c}{4} u(\lambda, T) d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left[\frac{hc}{\lambda k_B T}\right] - 1} \quad (1)$$

Berechnen sie für jeden, unter der Annahme das sie sich wie schwarze Strahler verhalten:

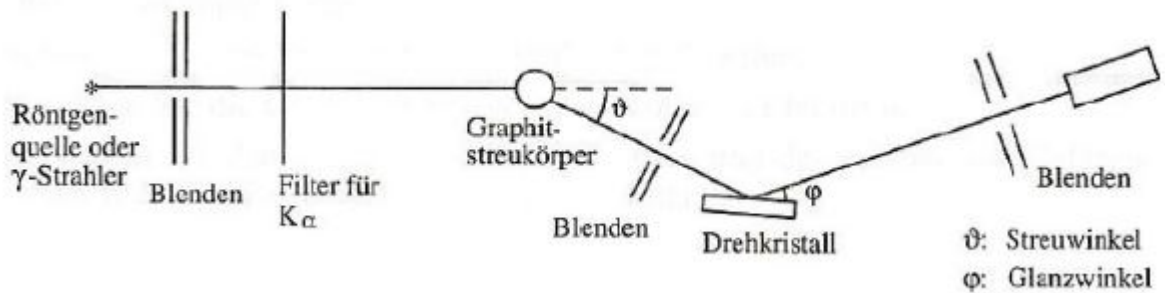
- (a) das gesamte Emissionsvermögen (gesamte abgestrahlte Leistung pro Flächeneinheit)
- (b) die Wellenlänge  $\lambda_{max}$  der mit maximaler Intensität emittierten Strahlung
- (c) den Bruchteil der Strahlungsenergie, der im Sichtbaren Spektralbereich (400 nm - 700 nm) abgestrahlt wird. Verwenden sie dabei die Näherung kleiner Wellenlängen (bzw. großer Frequenzen)

## 2 Photonen und Rückstoß

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

- (a) Wie groß ist die kinetische Energie die dabei auf das Atom übertragen wird ?
- (b) Berechnen sie nun explizit die Rückstoßenergie
  1. bei Aussendung der Quecksilberspektrallinie ( $\lambda = 253,7$  nm;  $M_{Hg} = 200,6$  u)
  2. bei Aussendung eines  $\gamma$ -Quanten der Energie 1.33 MeV durch Nickel ( $M_{Ni} = 200,6$  u)

#### 4 Eigenschaften von Materiewellen



- (c) Vergleichen sie diese Werte mit der Energieunschärfe aufgrund der begrenzten Lebensdauer der Übergänge  $\tau_{Hg} \approx 10^{-8}s$ ;  $\tau_{Ni} \approx 10^{-14}s$

### 3 Compton-Streuung

- (a) In einem Versuch werden Hüllenelektronen mit Röntgenstrahlung beschossen. Ab welcher Wellenlänge der Photonen kann man die Elektronen als frei betrachten? Mit dem folgenden Versuchsaufbau werden Messungen durchgeführt. Hierbei werden zunächst in einer Röntgenröhre  $\gamma$ -Quanten erzeugt. Durch Blenden und einen Filter gelangen nur Quanten mit einer speziellen Richtung und Frequenz im Streukörper an. Nachdem die Quanten gestreut wurden, wird mit Hilfe von Bragg-Reflexion ihre neue Frequenz bestimmt.
- (b) Bei einer Messung mit einem Winkel von  $\theta = 73^\circ$  tritt Strahlung auf, deren Wellenlänge sich durch den Streuprozess verdoppelt hat. Berechnen sie die Frequenz der einfallenden Strahlung.
- (c) Berechnen sie nun die Geschwindigkeit des gestreuten Elektrons. Ist eine relativistische Rechnung notwendig?

### 4 Eigenschaften von Materiewellen

- a) Welche Wellenlänge besitzen Neutronen mit kinetischer Energie von  $E_{kin} = 500$  eV?
- b) Wie groß wäre die Energie eines Photons mit gleicher Wellenlänge?
- c) Warum spielt die De Broglie Wellenlänge bei einem fahrenden Formel 1 Rennwagen keine Rolle ( $m = 850$  kg,  $v = 360$  km/h)?

## 5 Unschärfe Relation

- (a) Nehmen Sie an, der Impuls eines Teilchens wird mit einer Genauigkeit von 1 : 1000 gemessen. Wie groß ist die minimale Ortsunschärfe, wenn es sich um ein makroskopisches Teilchen der Masse 5 g und der Geschwindigkeit 2 m/s handelt? Wie groß ist die minimale Ortsunschärfe, wenn es sich um ein Elektron mit der Geschwindigkeit 10000 km/s handelt?
- (b) Wie groß ist die minimale Energieunschärfe eines Wasserstoffatoms, das sich in einem angeregten Zustand mit der Lebensdauer  $10^{-8}$  s befindet? Wie groß ist die minimale Unschärfe in der Wellenlänge des beim Übergang in den Grundzustand emittierten Lichts, wenn die Energie des angeregten Zustands 3,39 eV beträgt?
- (c) Das  $Z_0$ , das Austauscheteilchen der schwachen Wechselwirkung, ist extrem kurzlebig. Im Experiment zeigt es eine Energieunschärfe von ca. 2,5 GeV. Wie groß ist seine Lebensdauer, wenn Sie davon ausgehen, dass das durch die Unschärferelation gegebene Limit erfüllt ist?

## 6 Zirkonium

In dieser Aufgabe wird wasserstoffartiges Zirkonium ( ${}_{40}^{90}\text{Zr}^{+39}$ ) betrachtet.

- (a) Berechnen Sie nach dem Bohr'schen Atommodell den Bahnradius und die Gesamtenergie im Grundzustand für
- ein Elektron
  - ein negatives Myon  $\mu^-$  (Masse:  $m_\mu = 207 m_e$ ) im Feld eines Zirkonium-Kerns.
- (b) Nehmen Sie nun an, ein Anti-Proton werde von einem Zirkonium-Kern eingefangen.
- Welche ist die tiefste Bohr'sche Bahn, auf der das Anti-Proton den Kern noch nicht berührt? Hinweis: Radius Zirkoniumkern: 5,3 fm, Radius Antiproton: 1 fm
  - Wie groß ist die Bindungsenergie für diese Bahn?