

Übungsaufgaben, Blatt X

Experimentalphysik III, WiSe 2018/19

Prof. Grundmann, Dr. von Wenckstern wenckst@uni-leipzig.de

Ausgabe: 17.12. 2018, 18:00 Uhr

Abgabe: 07.01. 2019, 12:00 Uhr

Wir wünschen ein frohes Weihnachtsfest und einen guten Rutsch ins Neue Jahr!

- A01.** Die Oberfläche eines Metalls wird mit Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 350 \text{ nm}$ bzw. $\lambda_2 = 540 \text{ nm}$ bestrahlt. Die maximalen Geschwindigkeiten der herausgelösten Photoelektronen unterscheiden sich für die beiden Fälle um einen Faktor 2. Bestimmen Sie die Austrittsarbeit des Metalls!

[4 Punkte]

- A02.** Ein Röntgenphoton habe eine Wellenlänge von $\lambda = 1,02 \text{ \AA}$ bevor es an einem anfänglich ruhendem Elektron um den Winkel $\theta = 77^\circ$ gestreut wird. Welche Energie ΔE nimmt das Elektron aufgrund des Streuvorganges auf? Unter welchem Winkel ϕ bewegt sich das Elektron gegenüber der Einfallsrichtung des Röntgenquants?

[8 Punkte]

- A03.** Ein Photon mit einem Impuls $60 \frac{\text{keV}}{c}$, welches unter 120° an einem freien, ruhenden Elektron gestreut wird, fällt nach der Streuung auf die Oberfläche eines Molybdänblechs, um dort ein Elektron (Bindungsenergie 20 keV) durch Photoeffekt herauszulösen. Bestimmen Sie die kinetische Energie des Photoelektrons.

[5 Punkte]

- A04.** Es befinden sich atomare Zweiniveausysteme in einem thermische Strahlungsfeld der Temperatur T . Die folgenden drei Prozesse finden statt:

- (a) Die Atome können vom Zustand 1 in den Zustand 2 mittels Photonabsorption

$$\left(\frac{dN_1}{dt}\right)_{\text{abs}} = -B_{12}N_1\rho(\nu) \quad (\text{A4.1})$$

überführt werden.

- (b) Die Atome können vom Zustand 2 in den Zustand 1 durch spontane Emission

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right)_{\text{spont}} = -A_{21}N_2 \quad (\text{A4.2})$$

übergehen.

- (c) Atome können mittels stimulierter Emission

$$\left(\frac{dN_2}{dt}\right)_{\text{abs}} = -B_{21}N_2\rho(\nu) \quad (\text{A4.3})$$

vom Zustand 2 in den Zustand 1 gelangen.

- Leiten Sie einen Ausdruck für das Verhältnis N_2/N_1 her! **[3 Punkte]**
- Berechnen Sie die Verhältnisse der Einsteinkoeffizienten A_{21}/B_{21} und B_{21}/B_{12} ! **[5 Punkte]**
- Wie skaliert die Pumpleistung mit der Wellenlänge im Blick auf die Realisierung von kurzwelligeren Lasern? Gehen Sie vom Verhältnis der stimulierten und spontanen Emission aus. **[1 Punkte]**

Gesamt:

26 Punkte

ZA08. (a) Wie groß ist im thermischen Gleichgewicht bei $T = 300\text{K}$ das Besetzungsverhältnis N_i/N_k , wenn beim Übergang $E_k \rightarrow E_i$ Licht der Wellenlänge $\lambda = 500\text{ nm}$ absorbiert wird und die beiden Zustände k und i Gesamtdrehimpulse $J_i = 1$ und $J_k = 0$ tragen? (Hinweis: Das statistische Gewicht eines Zustandes $g = 2J + 1$).

[2 Punkte]

(b) Wie groß ist die relative Absorption eines Lichtstrahles ($\lambda = 500\text{ nm}$, $\delta\nu = 10^9\text{ Hz}$) pro cm Weg bei einer Übergangswahrscheinlichkeit (Einsteinkoeffizient) $B_{ki} = 360 \frac{\text{m}^3}{\text{eVs}^2} = 2.25 \cdot 10^{21} \frac{\text{m}^3}{\text{Js}^2}$ und einem Gasdruck $p = 1\text{ mbar}$, wenn sich 10^{-6} aller Atome im Zustand E_k befinden? (Temperatur wie oben, aber kein thermisches Gleichgewicht)

Hinweise:

- Die spektrale (und zugleich räumliche) Energiedichte ρ ist konsistent mit den oben gegebenen Einheiten für B_{ki} als $\rho = \frac{\text{Energie}}{\text{Volumen} \cdot \text{Frequenzintervall}}$ einzusetzen. Damit gilt $\rho \delta\nu = \frac{I}{c}$ mit Lichtintensität I , Lichtgeschwindigkeit c und Frequenzintervall $\delta\nu$.
- Spontane Emission kann hier vernachlässigt werden.

[7 Punkte]