

Experimentalphysik III Prof. M. Bargheer	Übungen: Wouter Koopman, Marc Herzog, Matthias Rössle	WS 2016/17 Zum 29.11.16
--	--	-----------------------------------

Aufgabenblatt 6

I) Gelerntes wiedergeben

- Welche Energie in eV hat ein Photon der Wellenlänge 500 nm? (Soll man auswendig wissen). Welche Wellenlänge hat demnach ein Photon der Energie 10 keV?
- Wie bestimmt man bei einem Photoemissionsexperiment die Bindungsenergie des Elektrons?
- Skizzieren Sie den Aufbau einer Röntgenröhre!
- Skizzieren Sie den Aufbau zur Messung des Photoeffekts!
- Was sind charakteristische Röntgenlinien?

II) Einfache Aufgaben

*II.12) Compton Effekt

- Beschreiben Sie den Compton-Effekt. Wer streut an wem, wohin? Was wird gemessen? Skizze!
- Führen Sie die komplette Rechnung aus, die in der Vorlesung skizziert wurde: Verwenden sie den relativistischen Energie- und Impulssatz (x und y Komponente) und leiten Sie daraus die Compton-Streuformel her, welche die Wellenlängen-Verschiebung als Funktion des Streuwinkels angibt.
- Geben Sie eine entsprechende Formel für die Energieverschiebung ΔE der Photonenenergie des gestreuten Photons an.
- Wie groß ist die Verschiebung ΔE für Röntgenstrahlung der Energie 10 keV bei $\Theta = 100^\circ$?

II.13) Die Röntgenfluoreszenz von Kupfer mit Energie 8 keV hat eine Linienbreite von 1,5 eV. Was bedeutet das für die Lebensdauer des K-Schalen-Lochs? Denken Sie an die natürliche Linienbreite eines gedämpften Lorentz-Oszillators. Wie viele Wellenzyklen hat ein emittierter Wellenzug?

II.14) Die Röntgenröhre in der Vorlesungssammlung

- Wie viele Elektronen treffen in einer Röntgenröhre pro Sekunde auf die Anode, wenn ein Röhrenstrom von 0.001 mA angegeben wird. Wie groß ist die elektrische Eingangsleistung dieser Röhre, wenn sie mit 30 kV Spannung betrieben wird?
- Wie groß ist die Leistung des Strahls, der durch eine Öffnung von ca. 2 mm Durchmesser im Abstand von 3 cm von der Anode passiert? Es wurden ca. 200 Photonen pro Sekunde im Energiebereich 5 keV bis 30 keV auf dem Detektor gezählt.
- Wir haben gesehen, dass auf der $K\alpha$ Linie von Kupfer bei 8 keV etwa 3 mal so viele Photonen pro Sekunde gezählt wurden wie im benachbarten Bremsstrahlenbereich von 9 keV. Die Energieauflösung des Detektors ist 500 eV. Die natürliche Linienbreite ist allerdings 1.5 eV. Um ein Wievielfaches ist demnach die Spektrale Energiestromdichte pro Frequenzintervall der charakteristischen Linie größer als die der Bremsstrahlung?

III) Vertiefende Aufgaben

*III. 9) Photonendruck

- Berechnen Sie die Photonendichte $n(T)$ in einem schwarzen Hohlraum der Temperatur T . Dazu

müssen Sie das folgende Integral berechnen: $n(T) = \int_0^\infty \frac{\rho_{E,\nu}}{h\nu} d\nu$ mit der Energiedichte

$$\rho_{E,\nu} = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1}. \quad (\text{Hinweis: Das Ergebnis hat die Struktur } n(T) \sim T^3); \text{ verwenden Sie die}$$

Substitution $h\nu/kT = x$, denken Sie daran das Differential $d\nu$ mit zu substituieren und schauen Sie das Integral in einem Tabellenwerk oder im Paus nach.)

- Begründen Sie diesen Ansatz. (b-d können Sie mit dem Ergebnis $n(T) \sim T^3$ auch ohne a) bearbeiten)
- Seien Sie nun mutig und wenden das ideale Gasgesetz $pV = Nk_B T$ auf diese Photonen an (d.h. Sie nehmen an Photonen seien die Teilchen eines idealen Gases) und berechnen Sie den Druck. N ist die Zahl der Teilchen und V das Volumen des Hohlraumes.
- Wie hängt der Photonendruck im Hohlraum von der Temperatur ab? $p(T) = ?$ Vergleichen Sie mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz?