

Ferienkurs Experimentalphysik 3 - Übungsaufgaben

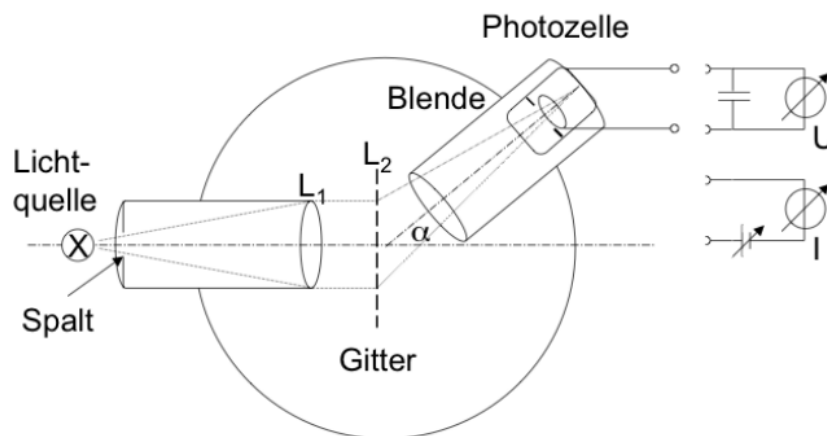
Quanteneffekte

Matthias Brasse, Max v. Vopelius

27.02.2009

Aufgabe 1:

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: $\lambda_{min} = 404.7nm$, $\lambda_{max} = 579.1nm$

Kalium-Grenzwellenlänge: $\lambda_K = 551nm$

- In welchem Winkelbereich (α_{min} ; α_{max}) werden alle sichtbaren Linien des Quecksilberspektrums 1.Ordnung erfasst?
- Bei welchen Spektrallinien tritt 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 Winkeleinstellung des Tubus wird der Kondensator entladen.

- 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 $20 \frac{W}{m^2}$. Dabei werden 10% der Lichtenergie absorbiert, der Rest wird reflektiert. Die bestrahlte Fläche ist $0.50 cm^2$ 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 $10 nm$, Dichte von Kalium $\rho_K = 0.86 \frac{g}{cm^3}$

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

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

Aufgabe 2:

Skizzieren Sie einen Versuchsaufbau zur Untersuchung des Comptoneffektes beschriften Sie die Skizze, und erläutern Sie knapp den Versuchsablauf. Bei einer Messung tritt unter dem doppelten Winkel $\delta = 90^\circ$ Strahlung auf, deren Wellenlänge bei der Streuung verdoppelt wurde.

- a) Bestimmen Sie die Frequenz der einfallenden Strahlung.
b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des gestoßenen Elektrons.
c) Bestimmen Sie den Winkel ϵ , den die Flugrichtung des gestoßenen Elektrons mit der Richtung der Primärstrahlung einschließt.

Aufgabe 3:

Rote Riesen haben typischerweise eine Oberflächentemperatur von $3000 K$. Berechnen Sie unter der Annahme, dass der Stern wie ein schwarzer Strahler strahlt:

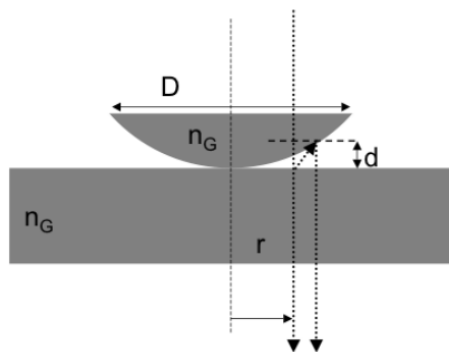
- a) die gesamte emittierte Strahlungsleistung
b) die Wellenlänge λ_{max} , bei der das Strahlungsspektrum $R(\lambda, T)$ einen Peak aufweist
c) die Frequenz ν_{max} , bei der das Strahlungsspektrum $R(\lambda, T)$ einen Peak aufweist
d) den Anteil der Energie, der im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums ($400 nm - 700 nm$) emittiert wird.
e) Warum gibt es rote und blaue aber keine grünen Sterne?

Aufgabe 4:

Skizzieren Sie den Aufbau eines He-Ne-Lasers sowie eines Rubinlasers und erklären Sie kurz die prinzipiellen Funktionsweisen dieser Lasertypen.

Aufgabe 5:

Feucht eingeglaste Dias zeigen bei Projektion farbige Newtonsche Ringe. Sie sollen im Folgenden modelliert werden. Eine plankonvexe Linse mit Radius $R = 5m$ liegt auf einer ebenen Glasplatte und wird senkrecht von oben mit einem parallelen Lichtbündel einer Na-Dampfampe ($\lambda = 589.3nm$) bestrahlt. Der Zwischenraum ist mit Wasser gefüllt. Das Glas der Linse und der Platte sei Kronglas SK1. Man erhält im durchgehenden gelben Licht Newtonsche Ringe.



- Wie groß ist der optische Gangunterschied zwischen den beiden skizzierten Strahlen? Ist an der Berührstelle von Linse und Platte hell oder dunkel?
- Berechnen Sie die Formel für die Radien r der Newtonschen Ringe unter der Annahme, dass $d \ll R$. Wieviele Ringe erhält man maximal, wenn der Durchmesser der Linse $D = 5cm$ beträgt?