

Integrierter Kurs Physik III Exp.-Teil, Optik und Thermodynamik WS 10/11

Prof. G. Maret, Dr. P. Keim

Übungsblatt Nr. 8,

Ausgabedatum: 13.12.2010

Abgabedatum: Mo 20.12.2010 in der Vorlesung

Besprechung: Mi 22.12.2010 in den Übungsgruppen

Aufgabe 22: Beugung am Gitter

- Berechnen Sie für ein Gitter der Gitterkonstante $d = 1 \mu\text{m}$, das unter dem Winkel $\alpha = 20^\circ$ beleuchtet wird, die Ausfallswinkel der Beugungsordnungen $m = 1, 2, \dots$ für monochromatisches Licht der Wellenlängen $\lambda = 400 \text{ nm}, 500 \text{ nm}, 600 \text{ nm}$ und 700 nm . Stellen Sie Ihre Ergebnisse grafisch dar.
- Welches sind die maximalen Ordnungen, die bei diesen Wellenlängen sichtbar sind? Erklären Sie Ihrem Übungsgruppenleiter was der Blazewinkel ist und bestimmen Sie wie gross der optimale Blazewinkel θ_b für die in a) genannten Wellenlängen ist? Stellen Sie auch hier Ihre Ergebnisse grafisch dar.
- In einer Flüssigkristall-Anzeige bestehend aus 5000×5000 Twisted-Nematic-Zellen mit einer Pixelgröße von $100 \mu\text{m}$, die mit linear (entlang x) polarisiertem Licht $\lambda = 500 \text{ nm}$ beleuchtet werde, wird jedes 10. Pixel angeschaltet. Welche Intensitätsverteilung sehen Sie auf einem Schirm im Abstand $d = 4m$? Welche Intensitätsverteilung ergibt sich, wenn Sie hinter der Anzeige einen Polarisator in y -Richtung platzieren?

Aufgabe 23: Strahlungsdämpfung des klassischen Atomes

Diese Aufgabe verknüpft Themen aus Aufgabe 5 und 6 dieses Semesters. Um 1910 war durch die Rutherford'schen Streuversuche bekannt, dass Atome aus positiv geladenen Kernen und einer Hülle von (negativ geladenen) Elektronen im Abstand von ca. $x_0 = 10^{-10} \text{ m}$ bestehen. Nach den Gesetzen der klassischen Mechanik können die Elektronen nur aufgrund der Zentrifugalkraft einen endlichen Abstand zum Kern halten und müssen sich deswegen auf Keplerbahnen (Ellipsen oder Kreisen) bewegen. Dabei erfahren sie ständige Ablenkung und damit Beschleunigung, weswegen sie gemäß der Elektrodynamik ständig elektromagnetische Energie ausstrahlen. Da diese Energie nur aus der Bewegungsenergie der Elektronen stammen kann, muss diese abnehmen, und damit müssen die Elektronen irgendwann in den positiv geladenen Kern stürzen. Im Folgenden soll die Lebenszeit eines Atoms gemäß der klassischen Physik abgeschätzt werden.

- Nach dem Lorentz'schen Oszillatormodell wird die Auslenkung $x(t)$ eines Elektrons (Ladung $-e$, Masse m) durch einen gedämpften harmonischen Oszillator beschrieben (es sei $\omega_0 > \gamma > 0$)

$$m[\ddot{x}(t) + 2\gamma\dot{x}(t) + \omega_0^2 x(t)] = 0$$

Lösen Sie die Differenzialgleichung mit den Anfangsbedingungen $x(t = 0) = x_0$ und $\dot{x}(t = 0) = 0$. Bestimmen Sie die Geschwindigkeit $v(t) = \dot{x}(t)$ für $t > 0$. Welche Näherungen darf man für schwache Dämpfung ($\gamma \ll \omega_0$) machen?

- b) Die pro Frequenz und Raumwinkel ausgestrahlte Energie ergab sich in der Vorlesung für einen linearen elektrischen Dipol zu:

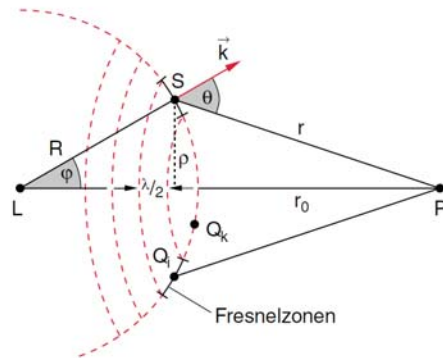
$$\frac{d^2W}{d\omega d\Omega} = \frac{\omega^4}{32\pi^2\epsilon_0 c^3} |\tilde{d}(\omega)|^2 \sin^2 \vartheta \quad (1)$$

wobei ϑ der Streuwinkel ist. Bestimmen Sie durch Integration über den Raumwinkel die in alle Richtungen ausgestrahlte Energie pro Frequenz $\frac{dW}{d\omega} = \int d\Omega \frac{d^2W}{d\omega d\Omega}$.

- c) Die gesamte ausgestrahlte Energie ergibt sich durch Integration über alle Frequenzen: $W = \int_0^\infty d\omega \frac{dW}{d\omega}$. Formen Sie den Ausdruck für die pro Frequenz und Raumwinkel ausgestrahlte Energie um, indem Sie folgende Beziehung verwenden: $\dot{d}(t) = ev(t)$. Wie lautet der Ausdruck für die Fouriertransformierte der Geschwindigkeit $\tilde{v}(\omega)$. Setzen Sie $v(t < 0) = 0$ für die Fouriertransformation. Diskutieren Sie den Ausdruck $dW/d\omega$ für $\gamma = 0$. Machen Sie sich anhand des Verhaltens für $\omega \rightarrow 0, \infty$ und den Extremwerten klar, dass man für $\omega > 0$ und kleiner Dämpfung $0 < \gamma < \omega_0$ den Ausdruck $\frac{dW}{d\omega} \approx \frac{\omega_0^4}{(\omega - \omega_0)^2 + \gamma^2}$ erhält. Wie lautet schließlich W ?
- d) Mit der Annahme, dass die Dämpfung des Oszillators aus den Strahlungsverlusten (sog. Strahlungsdämpfung) resultiere, lässt sich durch den Vergleich der potenziellen Energie V_0 des harmonischen Oszillators zum Zeitpunkt $t = 0$ mit W der Wert von γ selbstkonsistent bestimmen. Wie lange lebt ein klassisches Atom, dessen Eigenfrequenz im Bereich von $\nu_0 \approx 10^{15} \text{ Hz}$ liegt, d.h. Licht im sichtbaren Bereich aussenden kann? (D.h. wie groß ist γ ?)

Aufgabe 24: Fresnelsche Linsen
(schriftlich abzugeben)

- a) Erklärung der Fresnelschen Zonen:
Wie sieht die Fresnelbeugung in der Nahzone aus? Leiten Sie die E-Feldstärke für unterschiedliche Zonen m her. Verwenden Sie dabei die angegebene Abbildung. Vergleichen Sie die Fresnelbeugung mit der Fraunhofer Beugung.



- b) Berechnung einer Fresnelschen Zonenplatte:
Wie lassen sich die Abstände und Breiten der Zonenplatten berechnen? Wo liegt der Brennpunkt einer Fresnel-Linse?
- c) Fresnel Linsen in der Anwendung:
Welche Nachteile haben klassische Fresnelsche Zonenlinsen? Welche Anwendungen gibt es für Fresnellinsen? Geben Sie bitte mehrere an. Besprechen Sie kurz den Einsatz der Fresnellinse im Overhead-Projektor als eine Anwendung.