

Experimentalphysik 5a

WS 13/14

Prof. Dr. Werner Heil

Blatt 3

<http://www.ag-heil.physik.uni-mainz.de>

Abgabetermin: 18.11.2013, 10:30

Aufgabe 1 Licht als „Zwei-Niveau-System“: Durchgang von linear polarisiertem Licht durch eine $\lambda/4$ -Platte (3 Punkte)

In Kristallen ist der Brechungsindex n (und damit auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit c von Licht) für bestimmte Ausbreitungsrichtungen abhängig von der Lage der Polarisationssebene. Im Falle von Kaliumphosphat (K_3PO_4) ergeben sich Brechungsindizes $n_x = 1,5095$ und $n_y = 1,4684$ für Licht, das in z -Richtung einfällt und in x,y -Ebene linear polarisiert ist. Betrachten Sie nun Licht einer Natriumlampe ($\lambda_{\text{Na}} = 589 \text{ nm}$), das sich in z -Richtung ausbreitet und dessen Polarisationssebene in einem Winkel ϑ zur y -Achse steht (siehe Abbildung). Beschreiben Sie die Polarisation des Lichtes nach Durchgang durch eine $\lambda/4$ -Platte.

Benutzen Sie die Darstellung (siehe Vorlesung):

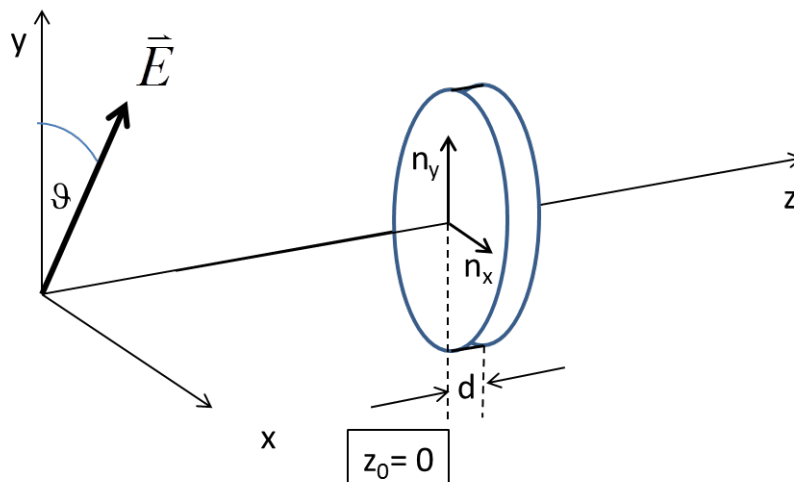
$$|\Psi_{t,k}\rangle = \frac{1}{2} \left\{ (a_x \cdot |E_{x,k}\rangle + a_y \cdot |E_{y,k}\rangle) \cdot e^{+i(\omega t - kz)} + h.c. \right\} \quad (1)$$

Zeigen Sie, dass für die Projektionen des Feldvektors \vec{E} gilt:

$$|E_{x,k}\rangle : |\vec{E}| \sin \vartheta \cdot \sin(\omega t - k_y d) \quad (2)$$

$$|E_{y,k}\rangle : |\vec{E}| \cos \vartheta \cdot \cos(\omega t - k_y d) \quad (3)$$

Welche Dicke d muß der Kristall haben, um für λ_{Na} als $\lambda/4$ -Platte zu fungieren? Für welchen Winkel ϑ erhalte ich zirkularpolarisiertes Licht?



Bitte wenden!

Aufgabe 2 Zwei-Niveau-System mit Dämpfung (7 Punkte)

Aufgrund der Vakuumfluktuation des elektromagnetischen Feldes kann es selbst bei Abwesenheit eines äußeren Lichtfeldes zu einem Übergang eines Atoms aus dem angeregten Niveau $|e\rangle$ in den Grundzustand $|g\rangle$ kommen. Dieser Prozess wird als spontane Emission bezeichnet. Um diesen Prozess zu berücksichtigen, müssen die Gleichungen des Zwei-Niveausystem, welche die Kopplung an ein äußeres Lichtfeld beschreiben, um einen weiteren Term ergänzt werden:

$$i\hbar \frac{d}{dt} c_g(t) = \frac{1}{2} \hbar \Omega e^{i\delta t} c_e(t) \quad (4)$$

$$i\hbar \frac{d}{dt} c_e(t) = \frac{1}{2} \hbar \Omega e^{-i\delta t} c_g(t) - \frac{1}{2} i\hbar \gamma c_e(t) \quad (5)$$

Hierbei ist γ die Zerfallsrate aus dem angeregten in den Grundzustand.

- (a) (1P) Zeigen Sie am Fall ohne Lichtfeld ($\Omega = 0$), dass die Besetzung des angeregten Zustand mit einer Rate γ zerfällt.
- (b) (3P) Zeigen Sie, dass das obige gekoppelte Differentialgleichungssystem in die beiden folgenden entkoppelten Differentialgleichungen zweiter Ordnung überführt werden kann:

$$\frac{d^2}{dt^2} c_g(t) = (i\delta - \frac{1}{2}\gamma) \frac{d}{dt} c_g(t) - \frac{\Omega^2}{4} c_g(t) \quad (6)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} c_e(t) = (-i\delta - \frac{1}{2}\gamma) \frac{d}{dt} c_e(t) - (i\delta \frac{\gamma}{2} + \frac{\Omega^2}{4}) c_e(t) \quad (7)$$

- (c) (2P) Berechnen Sie die zeitliche Lösung dieser DGL im Falle einer resonanten Kopplung ($\delta = 0$) für die Anfangsbedingung $c_g(0) = 1$ und $c_e(0) = 0$.
- (d) (1P) Beschreiben Sie was Ihrer Meinung nach der Nachteil dieser Einführung der spontanen Emission ist.