

Experimentalphysik 5a

WS 13/14

Prof. Dr. Werner Heil

Blatt 5

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

Abgabetermin: 02.12.2013, 10:30

Aufgabe 1 Visualisierung von Zuständen auf der Blochkugel (4 Punkte)

- (a) Stellen Sie für ein Zwei-Niveau-Atom mit Grundzustand $|g\rangle$ und angeregten Zustand $|e\rangle$ die kohärenten Zustände $|\psi_a\rangle = 1/\sqrt{2}(|g\rangle + |e\rangle)$ sowie $|\psi_b\rangle = 1/\sqrt{2}(|g\rangle - i|e\rangle)$ auf der Bloch-Kugel dar. Wie entwickeln sich diese Zustände, wenn man für eine Zeitdauer τ resonantes Licht mit der Rabi-Frequenz Ω einstrahlt? Skizzieren Sie die Fälle $\Omega\tau = \pi/2$ und $\Omega\tau = \pi$.
- (b) Atome in einem Gas unter Normalbedingungen können durch eine kohärenzfreie Dichtematrix beschrieben werden. Die Besetzung der Zustände folgt dabei der Boltzmann-Verteilung $p(E) \propto e^{-E/kT}$. Berechnen Sie unter Annahme eines Zwei-Niveau-Systems die Inversion bei Normalbedingungen für einen optischen Übergang in Neon mit $\lambda = 632,8$ nm. Stellen Sie diesen Zustand auf der Bloch-Kugel dar. Wie sieht er nach einem $\pi/2$ - bzw. π -Puls aus? Wie lässt sich die Zeitentwicklung der Inversion anschaulich verstehen?

Aufgabe 2 Polarisiertes Licht im Dichtematrixformalismus (6 Punkte)

Der Dichteoperator für ein Spin- $\frac{1}{2}$ -System sei durch

$$\hat{\rho} = \frac{1}{2} (1 + \vec{u} \cdot \vec{\sigma}) \quad (1)$$

gegeben, wobei \vec{u} ein reeller Parameter und $\vec{\sigma}$ die drei Pauli-Matrizen darstellt. Ein Photon wird durch folgende ebene Wellenfunktion dargestellt:

$$|\Psi(\vec{r}, t)\rangle = \left(a_1 |\hat{E}_x, k\rangle + a_2 |\hat{E}_y, k\rangle \right) e^{i(\omega t - kz)}, \quad (2)$$

wobei a_1, a_2 den Polarisationszustand definieren. $|\hat{E}_x, k\rangle$ und $|\hat{E}_y, k\rangle$ stellen die Basisvektoren dar.

- (a) Welche Bedingungen sind an a_1, a_2 gestellt? Berechnen Sie $|\vec{u}|$.
- (b) Bestimmen Sie die Dichtematrix $\hat{\rho} = |\Psi(\vec{r}, t)\rangle\langle\Psi(\vec{r}, t)|$.

Berechnen Sie nun die Komponenten u_x, u_y, u_z des Vektors \vec{u} für

- (c) den Fall des linear polarisierten Lichtes entlang der Winkelhalbierenden in der x-y Ebene.
- (d) den Fall rechts zirkular polarisierten Lichtes.
- (e) den Fall links elliptisch polarisierten Lichtes mit Achsenverhältnis 2:1, lange Achse in x-Richtung.
- (f) den Fall, dass 90% der Lichtintensität unpolarisiert und 10% rechts zirkular polarisiert sind.