

Einführung in die Quantenoptik

WS 2006/07

Carsten Henkel

Fragenkatalog

Ausgabe: 02 Feb 2007; Abgabe: 09 Feb 2007

Elementares

(Ein, zwei Sätze genügen.)

Frage 1 – (3 Punkte)

Was ist ein Photon?

Frage 2 – (2 Punkte)

Schreiben Sie die Modenentwicklung für das quantisierte elektrische Feld auf.

Frage 3 – (2 Punkte)

Geben Sie den Hamiltonoperator für das System "Zwei-Niveau-Atom gekoppelt an zwei quantisierte Moden des elektromagnetischen Felds" an.

Frage 4 – (3 Punkte)

Was sind Rabi-Oszillationen? Warum sind sie meist schwierig zu beobachten?

Frage 5 – (2 Punkte)

Was ist der Operator für die Observable "Anzahl der Photonen" in einer Mode des elektromagnetischen Felds?

Frage 6 – (2 Punkte)

Geben Sie die Definition eines kohärenten Zustands an.

Frage 7 – (2 Punkte)

Welche Observable misst ein Photodetektor? Und welche ein Spektrometer?

Frage 8 – (3 Punkte)

Mit welcher Rate zerfällt der angeregte Zustand eines Zwei-Niveau-Atoms im freien Raum? Geben Sie eine Größenordnung an. Unter welchen Bedingungen ist diese Formel nicht mehr gültig?

Frage 9 – (2 Punkte)

Auf welche Temperatur kann ein Gas von Atomen durch einfaches Laserkühlen gebracht werden?

Wichtiges

Frage 10 – (3 Punkte)

Ausgehend von den Zuständen $1s$, $2s$ und $2p$ im Wasserstoffatom, welche Zustände kann man durch elektrische Dipolübergänge aneinander koppeln? (Vernachlässigen Sie die Spin-Bahn-Kopplung und die Hyperfeinstruktur-Aufspaltung.)

Frage 11 – (3 Punkte)

Geben Sie den Wechselwirkungs-Hamiltonoperator eines neutralen Atoms mit dem elektromagnetischen Feld an: (i) in minimaler Kopplung; (ii) in elektrischer Dipolwechselwirkung.

Frage 12 – (2 Punkte)

Definieren Sie die Begriffe "Inversion" und "mittleres Dipolmoment", ausgehend von der Dichtematrix eines Zwei-Niveau-Atoms.

Frage 13 – (3 Punkte)

Was ist ein gequetscher Zustand (*squeezed state*)? Skizzieren Sie einen experimentellen Aufbau, mit dessen Hilfe Sie nachweisen können, dass eine elektromagnetische Feldmode gequetscht ist (= sich in einem gequetschten Zustand befindet).

Frage 14 – (2 Punkte)

Geben Sie die Photonenstatistik (= Wahrscheinlichkeit, $n = 0, 1, \dots$ Photonen bei einer Messung zu finden) für einen thermischen Zustand an.

Frage 15 – (4 Punkte)

Geben Sie die Mastergleichung für eine elektromagnetische Feldmode an, die von einer monochromatischen Quelle kohärent gepumpt wird und linearen Verlusten (nicht-perfekte Spiegel usw.) ausgesetzt ist.

Frage 16 – (2 Punkte)

Geben Sie die P -Funktion eines kohärenten Zustands an.

Frage 17 – (2 Punkte)

Geben Sie zwei Formeln an, die die Dichtematrix für eine Feldmode und die entsprechenden P - und Q -Funktionen verbinden.

Frage 18 – (2 Punkte)

Unter welchen Bedingungen “funktioniert” ein Laser (*i.e., it is lasing*)?

Frage 19 – (2 Punkte)

Warum verschwindet der Imaginärteil der Polarisation eines Mediums, dessen Atome sich zu je 50% im oberen bzw. unteren Energieniveau befinden? (Die Atome seien als Zwei-Niveau-Systeme angenommen.)

Frage 20 – (3 Punkte)

Erzählen Sie qualitativ etwas über die Kräfte, die auf ein Atom wirken, das sich durch eine stehende Lichtwelle bewegt.

Frage 21 – (4 Punkte)

Überlegen Sie, welche Analogien bestehen zwischen einem Strahlteiler, auf den eine Feldmode einfällt, und den Rauschoperatoren besteht, die für die Quantisierung einer Feldmode mit Absorption eingeführt werden.

Gesamt: 53 Punkte.