

Übungen (8) zur Experimentalphysik IV „Moderne Physik“

Ss 2006

Ausgabe: Do., 08.06.06

Rückgabe: Do., 15.06.06 (in Vorlesung)

Übungsgruppen:

dienstags 14 h – 16 h in SR E3 (1.4.31)

mittwochs 10 h – 12 h in SR E1 (1.1.26)

19. Beschreibe die Schwachstellen (loopholes) der „Aspect-Experimente“ der ersten Generation von Experimenten zum Test der Verletzung der Bell'schen Ungleichungen durch die Quantenphysik: von der Quelle der korrelierten Teilchen, über die Polarisatoren und das Problem der verzögerten Entscheidung bis zur Detektion.
Inwieweit ist es bereits der Aspect-Gruppe gelungen, diese Bedenken auszuräumen bzw. in welchen Punkten blieben noch „loopholes“ offen?
20. Wie funktioniert der akusto-optische Modulator (AOM), der von der Aspect-Gruppe eingesetzt wurde, um eine "verzögerte Entscheidung" zur Wahl der Polarisationsrichtung im Photonen-Nachweiskanal herbeizuführen. Erläutere Funktionsprinzip und skizziere schematisch die Einsatzweise im Bell-Test Experiment. Mit welcher variablen physikalischen Größe ist eine 50/50 Strahlaufteilung einstellbar?
21. Bei den Experimenten mit Paaren von Photonen mit korrelierten Polarisations-eigenschaften (mit Einzelphotonzuständen: $|H\rangle$ für horizontal polarisiert und $|V\rangle$ für vertikal polarisiert) lassen sich vier orthogonale „Bell-Zustände“ formulieren; der Zustand $(1/\sqrt{2})(|H_1H_2\rangle + |V_1V_2\rangle)$ ist ein Beispiel.
a) Gib den kompletten Satz von Bell-Zuständen an und beschreibe die Eigenschaften.
b) Wie lautet bei Einzelphoton-Zählung die Wahrscheinlichkeit für die Polarisation H bzw. V im Photonenkanal 1 bzw. 2 für alle vier Bell-Zustände?
c) Welche Information steckt im Bell-Zustand, welche im Einzel-Photon-Zustand?
22. Wie werden die vier orthogonalen Bell-Zustände der Aufgabe 21. bei der „parametrischen down conversion (PDC)“ erzeugt? Wie unterscheiden sich PDC vom Typ I und II? Erläutere dazu die Fig. 2 und Fig. 3 im Artikel von M. Genovese (Literaturliste 1.i) und vergleiche diese Fig. 3 mit Fig. 8 auf Seite S294 von A. Zeilinger (Zitat 1.d). Richtiges Zitat dazu wäre: Kwiat et al.; Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 4337-4341 während 5.a aus Literaturliste in 1.d angegeben ist.

Zur Aufgabebearbeitung:

4.d Überblicksartikel von A. Aspect: „Experimental Tests of Bell's Inequalities“, vor allem Atomic Physics 8 (1982) 103-128; empfehlenswert auch neuerer retrospektiver Überblick: „Bell's Theorem: The Naive View of an Experimentalist“ aus „Quantum [Un]speakables – From Bell to Quantum information“, eds. R. A. Bertlmann and A. Zeilinger, Springer (2002)

1.i Marco Genovese: "Review of recent progresses in research on hidden variable (or local realism) theories"; Physics Reports 413 (2005) 319-396

speziell für Aufgabe 22., S. 342 + 343

1.d Überblick von Anton Zeilinger: "Experiment and the foundations of quantum physics", Rev. Modern Phys. 71 (1999) S288 – S297

zunächst Kap. V: Einstein-Podolsky-Rosen and Bell's Inequality (S292 ff), besonders S294.

bis Mo., den 12.06.06:

Überblick von Anton Zeilinger: "Experiment and the foundations of quantum physics", Rev. Modern Phys. 71 (1999) S288 – S297
speziell: in Kap. V „Long distance Bell-inequality experiment“ mit Fig. 9; außerdem Kap. VI

bis Do., den 15.06.06:

Weitere Literatur zu „Long distance Bell test“

4.k W. Tittel, N. Gisin et al.: "Long-Distance Bell-Type Tests Using Energy-Time Entangled Photons", a) Phys. Rev. A 57 (1998) 3229-3232 and Phys. Rev. A 59 (1999) 4150-4163; b) quant-ph/0210015v1, 2. Okt. 2002

für Interessierte: "Quantenkryptographie", Phys. Bl. 55 (1999) Nr. 6, 25-30; Rev. Mod. Phys. 74 (2002) 145-195

Das Literaturverzeichnis finden Sie im Internet unter:

<http://www.physik.fu-berlin.de/~simons/Literaturliste06.htm>

Die Übungsblätter finden Sie auch im Internet unter:

<http://www.physik.fu-berlin.de/~simons/Uebungen06.html>