

# The use of quantum correlations in quantum information processing and quantum optics

Iulia Ghiu

## Rezumatul Tezei de Abilitare

Teza de abilitare prezintă principalele rezultate ale autoarei obținute după obținerea titlului de doctor în domeniile Teoriei Informației Cuantice și Opticii Cuantice. Teza este structurată pe nouă capitole.

Teza începe cu lista de articole publicate de autoare după obținerea titlului de doctor, apoi menționarea unui proiect postdoctoral câștigat prin competiție națională, lista contribuțiilor la conferințe și prezentarea premiului câștigat de autoare oferit de Academia Română.

Importante realizări în domeniul Tehnologiilor cuantice obținute în ultimii patru ani pe plan mondial sunt prezentate la începutul Capitolului 1. Apoi urmează descrierea pe scurt a structurii tezei.

Capitolul 2 este dedicat descrierii bazelor maximal decorelate (în Engleză *mutually unbiased bases*), care au reprezentat subiectul studiat în proiectul postdoctoral câștigat prin competiție națională. Conceptul de bază din acest capitol este acela de superpătrat, o noțiune nouă introdusă de noi în literatura de specialitate, care se bazează pe formalismul teoriei lui Galois. După introducerea definiției acestuia, împreună cu aceea de superpătrat extraordinar, se descrie modul de construcție a familiei complete de superpătrate extraordinare reciproc ortogonale de ordin 4 și ordin 8. Unul dintre rezultatele importante din acest capitol este teorema prin care se demonstrează echivalența dintre superpătratele extraordinare și striția fizică. Rezultatul principal al Capitolului 1 este algoritmul general de construcție a bazelor maximal decorelate, care se bazează pe obținerea familiei complete de superpătrate extraordinare reciproc ortogonale.

O clasă specială de stări mixte pentru un sistem de doi qubiți o reprezintă clasa descrisă de stările  $X$ , care sunt prezentate în Capitolul 3. Insepara-

bilitatea cuantică (în Engleză *entanglement*) reprezintă un tip de corelație care apare în sisteme multiparticulă și care nu are analog clasic. O posibilă măsură a inseparabilității este concurrence. Se prezintă formula analitică pentru calculul concurrence pentru stările  $X$ . Capitolul se încheie cu introducerea stării Werner generalizate pentru un sistem de doi qubiți, pentru care evaluăm analitic expresia concurrence.

Un alt tip de corelație cuantică o reprezintă discordul cuantic, care este investigat în Capitolul 4. Se prezintă atât definiția acestui concept, cât și metoda de calcul a acestuia pentru stările  $X$ .

În Capitolul 5 evaluăm evoluția corelațiilor cuantice pentru un sistem de doi spini  $1/2$  aflat în interacție cu două câmpuri magnetice. Se prezintă detaliat dinamica lui concurrence și a discordului cuantic pentru acest sistem cuantic. Mai departe, se realizează comparația între aceste două tipuri de corelație cuantică. Capitolul 5 se încheie cu determinarea analitică a expresiei fidelității dintre starea inițială și starea la un moment de timp ulterior a sistemului cuantic.

Un alt concept de bază în teoria informației cuantice este acela de sorter cuantic, care este discutat în Capitolul 6. Acesta este un dispozitiv care este capabil să selecteze și să direcționeze diverse stări ale unui sistem cuantic către moduri spațiale specifice. Introducem în acest capitol cea mai generală definiție a unui sorter cuantic pentru sisteme  $D$  dimensionale. De asemenea, sunt date noi definiții, se prezintă circuitul cuantic pentru sortorul multi-input. O aplicație utilă a sortorului cuantic este aceea că face posibilă detectarea modului spațial de ieșire a unei particule din dispozitiv de către un observator aflat la distanță.

Capitolul 7 este dedicat prezentării conceptelor de bază din optica cuantică, mai exact sunt discutate în detaliu stările gaussiene cu  $N$  moduri, scopul principal al capitolului fiind scrierea criteriilor de separabilitate pentru acest tip de stări. Sunt ilustrate relațiile de incertitudine pentru stările gaussiene, apoi diagonalizarea simplectică, descrierea funcției caracteristice pentru stările gaussiene bimodale, formele standard I și II pentru matricea de covarianță, iar în final sunt descrise două criterii de separabilitate.

În Capitolul 8 sunt investigate comportările corelațiilor cuantice pentru un anumit tip de stări gaussiene. Mai exact, este analizată în detaliu starea termică comprimată bimodală. Apoi formulele analitice pentru entanglementul de formare și discordul cuantic sunt prezentate în cazul stării termice comprimate bimodale. Se investighează două situații: sistemul aflat în starea gaussiană este în contact cu două rezervoare termice locale și respec-

tiv în contact cu un singur rezervor termic. Pentru aceste două cazuri, se calculează corelațiile cuantice și sunt prezentate grafice ale evoluției acestora în timp.

În Capitolul 9 se discută câteva aspecte importante privind profilul didactic ale autoarei, cum ar fi: activitatea de mentorat a studenților de la Facultatea de Fizică pentru realizarea lucrărilor de licență și de dizertație, implicarea autoarei în pregătirea lotului de studenți din anul II de studiu în vederea participării acestora la concursul național studentesc Hurmuzescu. Ultima secțiune ilustrează aspecte relevante privind planul de dezvoltare a carierei științifice a autoarei, prezentându-se câteva direcții viitoare de cercetare.