

Raport stiintific

privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0083 (contract 53/05.10.2011) in perioada Noiembrie 2013 - Decembrie 2014

Proiectul “*Studii fundamentale de fizica informatiei cuantice si optica neliniara a solitonilor cu durata de cativa cicli optici*” a avut ca obiectiv in Etapa 1/2014 (perioada Noiembrie 2013 - Decembrie 2014) “*Studiul corelatiilor cuantice in sisteme deschise gaussiene in modelul cu doua rezervoare termice*”.

In cadrul acestui obiectiv a fost calculata matricea de covarianta a unui sistem deschis gaussian cuplat la doua rezervoare termice si au fost descrise corelatiile cuantice folosind negativitatea logaritmica si discordul cuantic gaussian.

Studiul starilor gaussiene continua sa prezinte un mare interes in procesarea si transmiterea informatiei cuantice. Decoerenta cuantica, fenomen care are loc in tot timpul interactiei sistemului cu mediul, afecteaza starile acestuia, care nu isi pot mentine puritatea si devin mixte. Descrierea riguroasa a evolutiei sistemelor deschise se face in cadrul teoriei bazate pe semigrupuri dinamice cuantice complet pozitive, singura teorie cuantica ce satisface proprietatile fundamentale ale operatorului densitatii - pozitivitatea, conservarea urmei si hermiticitatea.

Studiul corelatiilor cuantice intr-un sistem deschis permite clarificarea rolului interactiei dintre acesta si mediul exterior in transmiterea informatiei, in contextul in care decoerenta cuantica, determinata de aceasta interactie, conduce la pierderea coerentei cuantice si a informatiei cuantice, si constituie provocarea majora in calea construirii computerelor cuantice.

In cadrul teoriei sistemelor deschise bazate pe semigrupuri dinamice cuantice, a fost determinata evolutia temporala a matricii densitatii pentru doua moduri bosonice independente care interactioneaza fiecare cu mediul sau, caracterizat prin coeficienti de difuzie, temperatura si disipare.

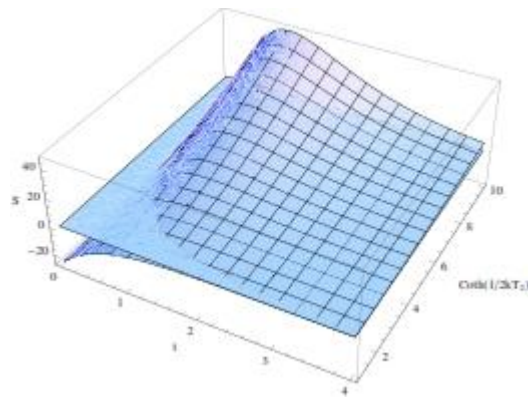
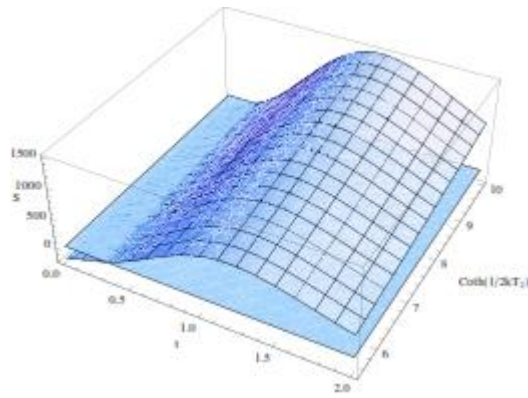
De asemenea a fost determinata evolutia in timp a gradului de entanglement al celor doua moduri. Determinarea evolutiei temporale a matricii densitatii pentru sistemul bipartit considerat aflat in interactie cu cele doua rezervoare termice independente s-a facut folosind metoda ecuatiei master in reprezentarea Schroedinger, iar evolutia observabilelor s-a obtinut din ecuatiile de miscare in reprezentarea Heisenberg. Pentru o stare initiala gaussiana, evolutia determinata de semigrupul dinamic cuantic asigura mentinerea in timp a formei gaussiene a starii sistemului.

Descrierea entanglementului in variabile continue se face cu ajutorul matricii de covarianta a sistemului (care are drept elemente variantele si covariantele variabilelor canonice ale sistemului - coordonatele si impulsurile), aplicand criteriul necesar si suficient PPT (positive partial transpose) de separabilitate a starilor gaussiene bi-modale, formulat de Peres [1] si Simon [2].

Ca masura a entanglementului starilor bipartite a fost utilizata negativitatea logaritmica. Existenta corelatiilor cuantice dintre cele doua moduri bosonice este determinata de competitia dintre entanglement si decoerenta cuantica. Pentru toate temperaturile rezervorului termic, o stare initiala gaussiana separabila ramine separabila la orice moment de timp.

Ca si in modelul cu un singur rezervor termic comun pentru cele doua moduri, in cazul unei stari termice comprimate entanglate initial, in particular pentru stari de vacuum comprimate, are loc suprimarea entanglementului (*entanglement sudden death*), pentru orice temperaturi ale celor doua rezervoare termice. Sistemul evolueaza asimptotic in limita unui timp infinit catre o stare de echilibru care este intotdeauna separabila.

Negativitatea logaritmica asimptotica depinde doar de minimul dintre temperaturile celor doua rezervoare, si nu depinde de starea initiala gaussiana. Mentionam ca negativitatea logaritmica asimptotica are valori negative, confirmand faptul ca starea asimptotica este intotdeauna separabila [3].



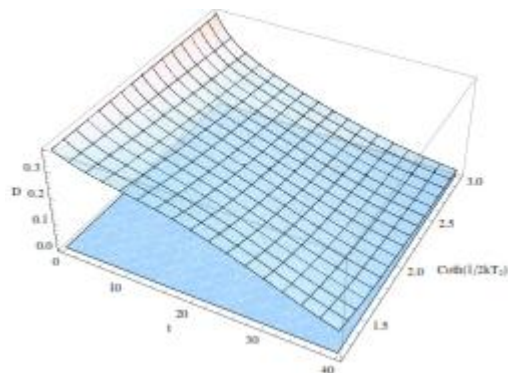
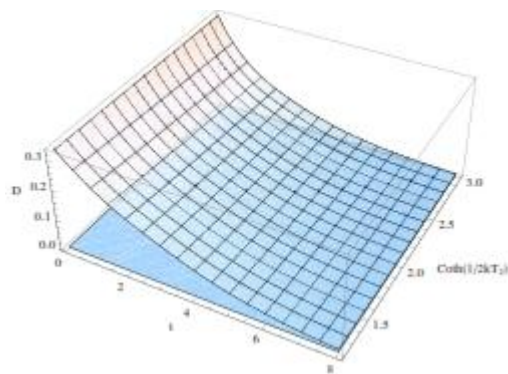
In figurile de mai sus este reprezentata functia de separabilitate S a lui Simon in functie de timp si temperature rezervorului in care este imersat al doilea boson, pentru o stare termica comprimata entanglata initiala, si pentru diverse valori ale parametrilor care caracterizeaza starea gaussiana initiala.

In cadrul aceleiasi teorii a fost descrisa si dinamica markoviana a discordului cuantic gaussian in variabile continue [4] pentru acelasi sistem de doua moduri bosonice independente care interactioneaza fiecare cu rezervorul sau termic. Descrierea evolutiei discordului se face folosind matricea de covarianta pentru stari initiale gaussiene.

In cazul unei stari initiale termice comprimate entanglate analiza evolutiei in timp a discordului gaussian, care este o masura a tuturor corelatiilor cuantice in starea bipartita, incluzand entanglementul, arata ca discordul cuantic scade asimptotic la timp infinit catre valoarea zero, sub influenta interactiilor cu cele doua rezervoare termice. Am presupus ca starea asimptotica a sistemului deschis considerat este o stare Gibbs care corespunde la doua moduri bosonice independente, fiecare dintre

acestea fiind in echilibru termic cu rezervorul propriu.

Discordul gaussian are valori nenule la orice moment finit de timp si dinamica lui depinde puternic de parametrii care caracterizeaza sistemul (parametrul de comprimare si parametrul de dampare) si de coeficientii care descriu interactiunea sistemului cu cele doua rezervoare (temperaturile si constantele de disipare). In figurile de mai jos este reprezentat discordul gaussian D in functie de timp si temperatura rezervorului in care este imersat al doilea boson, pentru o stare termica comprimata entanglata initiala, pentru diverse valori ale parametrilor care caracterizeaza starea gaussianiana initiala [5].



In prezent are loc o dezbatere larga legata de interpretarea fizica a corelatiilor cuantice – entanglementul cuantic si discordul cuantic. Rezultatele obtinute, in particular existenta discordului cuantic si posibilitatea mentinerii lui pentru un timp lung in mediile termice ar putea

fi de utilitate in controlul corelatiilor cuantice in sisteme deschise si pentru aplicatiile din domeniul procesarii si comunicarii informatiei cuantice.

In concluzie, in cadrul etapei din anul 2014 a proiectului am determinat matricea de covarianta a unui sistem deschis gaussian constand din doua moduri bosonice cuplat fiecare la rezervorul sau termic si am descris evolutia temporala a corelatiilor cuantice din acest sistem – entanglementul cuantic si discordul cuantic gaussian.

Referinte bibliografice

1. A. Peres, Phys. Rev. Lett. **77**, 1413 (1996).
2. R. Simon, Phys. Rev. Lett. **84**, 2726 (2000).
3. A. Isar, Phys. Scripta T **160**, 014015 (2014).
4. G. Adesso and A. Datta, Phys. Rev. Lett. **105**, 030501 (2010).
5. A. Isar, J. Russ. Laser Res. **35**, 62 (2014).

Director proiect,

Dr. Dumitru Mihalache