DINÂMICA DO EMARANHAMENTO

Matheus Diniz Moro (PIBIC/CNPq), Fabiano Manoel de Andrade (Orientador), e-mail: fmandrade@uepg.br.
Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Matemática e Estatística

Física/Física Geral

Palavras-Chave: *Emaranhamento, quantificadores, morte súbita, correlação*

Resumo

Neste trabalho, visamos o estudo dos fundamentos, aplicações e quantificadores de emaranhamento quântico. Neste contexto, focamos no fenômeno de morte súbita do emaranhamento (MSE). Foram então estudados dois átomos interagindo com duas cavidades ópticas, sendo modelados pelo modelo de Jaynes-Cummings (JC). A medida de emaranhamento usada foi a concorrência.

Introdução

Estados emaranhados são aqueles que não são separáveis, ou seja, que não podem ser escritos como um produto direto de estados e que violam a desigualdade de Bell [1-3]. O fenômeno de MSE é o processo no qual ocorre a perda abrupta de emaranhamento de um sistema em um tempo finito, independentemente da natureza assintótica da perda de coerência de um sistema, ao interagir com o ambiente [1]. Para mensurar esse processo, usamos a concorrência [2].

O sistema de JC é um modelo teórico no qual ocorre a interação entre um átomo de dois níveis e uma cavidade ótica. Em nosso trabalho, estudamos dois átomos de dois níveis (separados por uma barreira) interagindo com duas cavidades ópticas sem perdas. Nos focamos no emaranhamento entre os dois átomos [1-2].

Materiais e Métodos

Foram usados livros textos e artigos de Mecânica Quântica e Óptica Quântica, bem como discussões com o orientador e o software Mathematica.

Resultados e Discussão

As cavidades estudadas (marcadas como a e b) foram consideradas, inicialmente, no estado de vácuo $|0_a 0_b\rangle$. Já para os átomos (A e B), foram estudados dois possíveis estados de Bell que, nos dão os seguintes estados iniciais:

$$|\Psi(0)\rangle = cos(\alpha)|e_A g_B 0_a 0_b\rangle + sen(\alpha)|g_A e_B 0_a 0_b\rangle \quad \text{e}$$
$$|\Phi(0)\rangle = cos(\alpha)|e_A e_B 0_a 0_b\rangle + sen(\alpha)|g_A g_B 0_a 0_b\rangle.$$

Ao resolvermos a equação de Schroedinger, obtemos a evolução temporal destes estados.

Fazemos a matriz densidade de cada um desses estados ($\hat{\rho}(t)_\Psi = |\Psi(t)\rangle\langle\Psi(t)|$ e $\hat{\rho}(t)_\Phi = |\Phi(t)\rangle\langle\Phi(t)|$) para então fazermos a matriz reduzida usando a operação do traço parcial sobre os estados das cavidades, o que nos fornece as matrizes $\hat{\rho}(t)_\Psi^{AB}$ e $\hat{\rho}(t)_\Phi^{AB}$. Empregamos a Concorrência como medida de emaranhamento como descrita em [2]. Assim, obtemos:

$$C_\Psi^{AB} = |sen(2\alpha)|cos^2(Gt/2) \text{ e}$$

$$C_\Phi^{AB} = cos^2(Gt/2)[|sen(2\alpha)| - sen^2(Gt/2)cos^2(\alpha)],$$

Desta forma, é possível confirmar foi a perda abrupta de emaranhamento em um tempo finito e permanecer zero por um certo período antes de o estado voltar a ser emaranhado. O tempo que o estado irá permanecer desemaranhado (separável) depende do grau de emaranhamento do estado inicial e quanto menor for o grau de emaranhamento, maior será o tempo em que o estado ficará desemaranhado. Isso demonstra que o fenômeno da MSE é extremamente sensível às condições iniciais dos estados. Os átomos perdem o emaranhamento ao interagirem com a cavidade, mas o fato de a cavidade ter modos finitos faz o emaranhamento entre os átomos ressurgir [1,3].

Conclusão ou Conclusões

O fenômeno MSE pode ocorrer em tempos finitos devido à interação com o ambiente, em que a duração do estado desemaranhado depende do grau de emaranhamento inicial do sistema e do próprio estado inicial. O fato de os átomos estarem acoplados com cavidades com um número finito de modos faz o emaranhamento ressurgir em um tempo finito também.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo fomento, a UEPG pelo suporte material e amparo durante essa pesquisa e ao meu orientador pelo constante suporte.

[1] Ting Yu and J.H. Eberly. Finite Time Disentanglement Via Spontaneous Emission., Physical Review Letters, 93(14): 140404, 2004.

[2] Wiliam K. Wooters. Entanglement of Formation of an Arbitrary State of Two Qubits. Physical Review Letters, 80(10): 2245 2228, 1998.

[3] E.T. Jaynes and F.W. Cummings. Comparison of Quantum and Semiclassical Radiation Theories with Application to the Bean Maser. IEEE Proc. 51: 89 109, 1963.