



Testes de complementariedade, o Apagador Quântico

Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

Ciências Exatas e da Terra/Física

Trabalho de pesquisa

Estudante: Gabriel Rabelo Soares

Orientador: Romeu Rossi Júnior

Contato: rabelosoares21@gmail.com

Apagador Quântico, interferometria, causalidade

Introdução

A luz fascina a humanidade desde as civilizações mais remotas, existia aqueles que acreditavam que ela era composta por partículas e aqueles que diziam ser por ondas. Essa discordância sobre a natureza da luz permaneceu até meados do século XX quando o problema da dualidade onda partícula passa a ser sistematicamente estudado. Niels Bohr em 1928 enuncia o princípio da complementariedade, no qual afirma a natureza dual da matéria e radiação sendo não contraditórias, mas complementares.

Objetivos

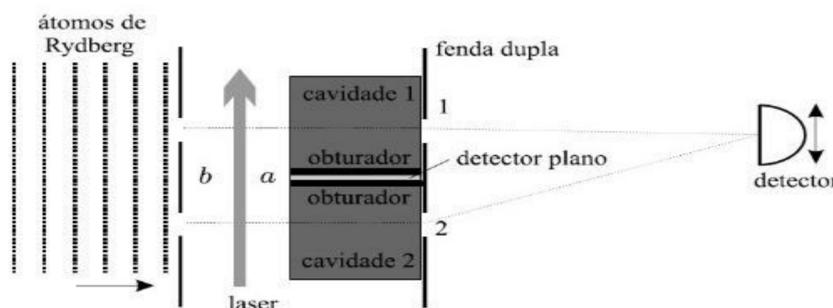
Será apresentado, neste trabalho, o Apagador Quântico como uma variação do experimento de fenda dupla. Espera-se, ainda, para os próximos passos, implementar a ferramenta de modelos causais a fim de descrevê-lo.

Material e Métodos

Trata-se de um trabalho de física teórica desenvolvido a partir da revisão de artigos científicos e livros na área de fundamentos de mecânica quântica, com o intuito de analisar e discutir experimentos de interferometria e suas variações.

Resultados, Discussões e Conclusões

O experimento constitui de um feixe de átomos de Rydberg no estado excitado sendo lançado sobre uma fenda dupla como mostrado na figura.



As cavidades postas em frente de cada fenda fazem o papel de um detector de caminho, a presença de um fóton em uma delas, diz que houve a passagem do átomo. A existência destas cavidades destroem o padrão de interferência, pois a informação de caminho fica disponível, mesmo não sendo necessário realizar uma medição para ver em qual delas está o fóton emitido pelo átomo. Dessa forma o estado das cavidades e o feixe dos átomos pode ser dado por,

$$\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_1(\mathbf{r}) |1_1 0_2\rangle + \psi_2(\mathbf{r}) |0_1 1_2\rangle) |b\rangle$$

como $\langle 1_1 0_2 | 0_1 1_2 \rangle = 0$ a densidade de probabilidade $|\psi(\mathbf{r})|^2$ não apresenta termos cruzados, ou seja, o padrão de interferência foi apagado. É importante ressaltar que ela não some por causa de fatores aleatórios de fase que perturbam as funções de onda espaciais. Como a interferência é perdida através do emaranhamento do sistema, é possível então recuperar a informação apagada. Ao abrir os obturadores é detectado um fóton, mas detecção de um fóton não tem informação de caminho, pois não se sabe de qual cavidade é, isso implicaria na existência de interferência? Isso pode ser resolvido acrescentando agora o estado do detector $|d\rangle$ ao estado total do sistema, tendo que,

$$\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_1(\mathbf{r}) |1_1 0_2\rangle + \psi_2(\mathbf{r}) |0_1 1_2\rangle) |b\rangle |d\rangle$$

ao introduzir os estado simétricos e antissimétricos para o átomo e a cavidade respectivamente (para reescrever o estado acima),

$$\psi_{\pm}(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_1(\mathbf{r}) \pm \psi_2(\mathbf{r})) \quad |\pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|1_1 0_2\rangle \pm |0_1 1_2\rangle)$$

ressaltando que a detecção do fóton só acontece para o estado $|+\rangle$. A ação do detector irá produzir o seguinte estado,

$$\psi(\mathbf{r}) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\psi_+(\mathbf{r}) |0_1 0_2\rangle |e\rangle + \psi_-(\mathbf{r}) |-\rangle |d\rangle) |b\rangle$$

se observar só o caso em que o detector absorve um fóton, quando detectado haverá a presença de franjas, para o caso de não detecção, antifranjas, ou seja, se o estado final do detector não for observado tem-se informação de caminho, caso seja observado é visto interferência.

Apresentado o Apagador Quântico, o estudo se estendeu na implementação do formalismo de modelos causais. Como os autores já trabalharam previamente sistemas interferométricos, inclusive a implementação do formalismo causal, foi estudado, então, o apagador quântico em um sistema como este. O trabalho ainda está em desenvolvimento, especialmente na tentativa de encontrar um algoritmo de descoberta causal que retorne os modelos causais viáveis.

Bibliografia

- Scully, M., & Zubairy, M. (1997). *Quantum Optics*. Cambridge: Cambridge University Press.
Ferrari, C., & Braunecker, B. (2010). Entanglement, which-way measurements, and a quantum erasure. *American Journal of Physics*..

Apoio Financeiro

Pesquisa financiada pelo CNPq.

Agradecimentos

Agradeço ao Romeu Rossi pela orientação.