

Aplicações de estados coerentes em sistema de ressonância quadrupolar nuclear.

Christian Rivera Ascona¹, João Teles², Arthur Gustavo de Araujo Ferreira³, Ruben Auccaise Estrada⁴, Tito José Bonagamba⁵

1. Estudante do Instituto de Física de São Carlos/USP; * chrisrivera127@gmail.com

2. Professor do Centro de Ciências Agrárias/UFSCar/Araras;

3. Pesquisador do Instituto de Física de São Carlos USP;

4. Professor do Departamento de Física/UEPG;

5. Professor de I Instituto de Física de São Carlos /USP.

Palavras Chave: RQN, Estados coerentes, Informação de Fisher.

Introdução

A ressonância quadrupolar nuclear (RQN) é uma técnica espectroscópica que, como no caso de ressonância magnética quadrupolar nuclear (RMN), é utilizada no estudo de materiais que possuem núcleos com spin. A RMN mostrou ser uma ferramenta com resultados positivos nos estudos de Informação Quântica (IQ). Esse fato e as similaridades que existem entre ambas as técnicas espectroscópicas, motivaram estudos de IQ utilizando RQN. Experimentalmente, foi possível criar portas lógicas quânticas e estados pseudo-puro, que são necessários no estudo da IQ. A partir desses estados pseudo-puros criamos estados coerentes de spin. Esses estados coerentes são transformados sobre operações unitárias que são utilizadas para quantificar a informação de Fisher. O material utilizado em nossos experimentos foi o cristal de KClO_3 , O núcleo alvo de estudo foi de ^{35}Cl (spin 3/2).

Resultados e Discussão

Na RQN a interação que predomina é a interação quadrupolar elétrica nuclear. Sob esta interação os estados de energia são duplamente degenerados. Essa degenerescência será levantada utilizando um campo magnético estático externo fraco. No sistema referencial utilizado o gradiente elétrico está na direção z e o campo magnético no plano xz, fazendo um ângulo θ com o eixo z. A direção da interação de excitação está no plano xy, e que faz ângulo φ com o eixo x. O hamiltoniano total é

$$H = \frac{\hbar\omega_Q}{6} [3I_z^2 - I^2] - \hbar\omega_0 I_\theta + \hbar\omega_1 I_\varphi$$

Os resultados experimentais mostrados neste trabalho foram feitos no ângulo $\theta = 71.3^\circ$. A frequência de excitação é aproximadamente 28,1 MHz. O campo magnético externo perturbativo é de aproximadamente 7 Gauss. A tomografia dos estados pseudo-puros obtidos experimentalmente são mostradas na figura 1.

A partir dos estados pseudo-puros é possível criar estados coerentes $|\theta_c, \varphi_c\rangle$, mediante rotações. Na figura 2 mostramos os resultados obtidos da rotação do estado pseudo-puro PPS00, representados na esfera de distribuição de probabilidades.

Figura 1. Estados pseudo-puros.

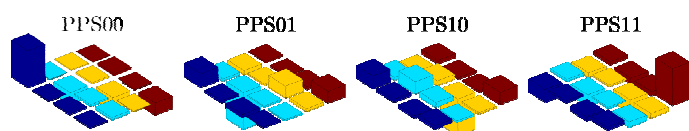
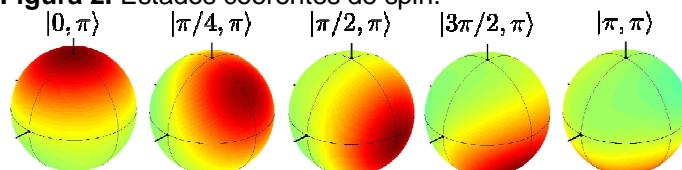


Figura 2. Estados coerentes de spin.

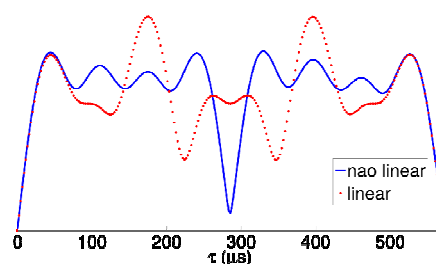


No contexto de metrologia nosso estudo é direcionado à determinação da precisão pela qual uma mudança de fase pode ser detectada. A precisão $\Delta\theta$ com a qual a fase θ pode ser medida, quando depende de um operador J a partir de um estado inicial ρ_i , está limitada pela desigualdade

$$\Delta\theta \geq \frac{1}{\sqrt{F[\rho_i, J]}} = \frac{1}{2\sqrt{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}}$$

onde $F[\rho_i, J]$ representa a informação de Fisher. Para abordar este tópico, deveremos deixar evoluir o estado coerente. Na figura 3 mostramos o resultado da simulação da evolução do estado coerente $|\pi/2, 0\rangle$, sobre os regimes linear e não linear do hamiltoniano livre.

Figura 3. Precisão da informação de Fisher no estado coerente $|\pi/2, 0\rangle$, nos regimes linear e não linear.



Conclusões

A RQN está se mostrando como um bom sistema no estudo da IQ. Considerando que muitos dos experimentos de IQ realizados em RMN foram satisfatoriamente reproduzidos em nosso sistema. É mostra-se um sistema promissor no estudo de metrologia.

Agradecimentos

FAPESP, CAPES e CNPq.

1Teles,J.;Rivera,C.;Polli,R.;Oliveira,R.;Vidoto, E.;Andreeta, P.; Bonagamba,T.; Quantum Information Processing, 2015, 14.

2.Possa,D.;Gaudio,C.;Freitas, J.C.C.; Journal of Magnetic Resonance 2011, 250.

3.Auccaise,R.;AraujoFerreira,A.G.;Sarhour,R.S.;Oliveira,I.S.;Bonagamba,T.J.;Rodi, I.; physical review Letters 2015, 043604.