

## PERGUNTAS DE FINAL DE GRADUAÇÃO

**Aluno: Thiago Barbosa Guerreiro**

**Orientador: George Svetlichny**

### Introdução

Primeiramente, foi dada continuidade ao trabalho de iniciação realizado pelo aluno no último período, sobre simetrias das equações de Euler. Essa continuação resultou numa versão aprimorada do artigo escrito sobre o tema, a ser publicado nos arXivs.

Após a etapa acima, foram lidos diversos artigos, alguns mais clássicos, outros mais modernos, sobre informação quântica, e foi feito um estudo sobre o tema, afim de que o aluno se familiarizasse melhor com as questões envolvidas nas pesquisas dessa área. Tais leituras geraram uma série de perguntas, inicialmente sobre fundamentos de mecânica quântica, e posteriormente sobre outras áreas da física, como teoria do campo quântico, algumas de cunho acadêmico, outras menos convencionais.

Essas questões foram analisadas, e algumas obtiveram resposta, resultando em exemplos fora daqueles estudados nos cursos. Outras levaram apenas a um melhor entendimento dos temas abordados, e muitas ainda estão sobre investigação.

As questões têm tanto um enfoque matemático quanto físico, muitas vezes sendo relacionadas à parte experimental. Para organizar tudo que foi pensando, foi feita a seguinte divisão em temas abordados:

- Mecânica quântica e informação quântica;
- Teoria do campo quântico;

### Métodos

Na busca pelas respostas, foram estudados diversos livros sobre os assuntos relevantes. Além disso, a leitura de artigos atuais e discussões com o orientador desempenharam um papel fundamental no desenvolvimento do trabalho.

### As perguntas

A seguir, um breve resumo com algumas das perguntas.

#### *Mecânica quântica*

- Como emaranhar um sistema físico a partir de estados de graus de liberdade mecânicos?

Essa pergunta surgiu após a leitura de [1], no qual os autores descrevem um experimento onde um estado emaranhado é produzido a partir dos estados vibracionais de um oscilador harmônico. Para respondê-la, é proposto um set-up ótico no qual dois fótons são emaranhados por caminho e comprimento de onda, e colocados para interagir com dois osciladores harmônicos (por exemplo, duas moléculas que atuem como osciladores).

- O que significa dizer que informação sobre um determinado estado quântico é “gravada” em um sistema clássico? É possível dizer que o colapso da função

de onda ocorre toda vez que informação sobre um estado quântico é “gravada” em algum outro sistema (clássico)?

- Por que a descoerência não resolve por completo o problema da medida?  
As duas questões acima são sobre fundamentos de mecânica quântica, e várias fontes e artigos foram consultados [4,5], afim de ganhar uma melhor compreensão sobre as idéias por trás de tentativas de solução do problema da medida e descoerência.
- É possível realizar um experimento de “interaction free measurement” usando spin de férmions, ao invés de polarização e fase de fótons? Espelhos seriam campos magnéticos, e responsáveis por alterar a fase das funções de onda.  
Essa pergunta foi respondida, resultando num raciocínio análogo ao experimento proposto em [6]

### ***Campo quântico***

- Por que spin surge naturalmente ao se considerar uma equação quântica relativística de primeira ordem nas derivadas? Qual é a motivação para impor que a equação seja de primeira ordem nas derivadas?
- Qual é a origem da tão falada relação entre spin e estatística?  
Essas questões são puramente acadêmicas, uma vez que são respondidas naturalmente ao se considerar relatividade e mecânica quântica em um contexto mais geral. Essas e outras perguntas de cunho acadêmico ainda estão sendo consideradas, paralelamente à leitura de [10].

### **Conclusão**

As respostas para essas e as demais perguntas serão organizadas em forma de um artigo, e os questionamentos que surgiram desse trabalho continuarão sendo extensivamente estudados.

### **Referências**

- [1] Wineland, D. J. et. al. **Entangled mechanical oscillators**. *Nature* **459**, 683-685 (4 June 2009)
- [2] Bennink, R, S. **Two-color photon polarization entanglement using a single non-linear crystal**. *Phys. Rev. A* **73**, 043814 (2006)
- [3] Zeilinger, A. et. Al. **Experimental Quantum Teleportation**, *Nature* **390**, 6660, 575-579
- [4] Zurek, W. **Decoherence and the transition from quantum to classical**, *Physics Today*, **44**, pp 36–44 (1991)
- [5] Braginsky, V. B. et. al. **Quantum non-demolition measurements** *Science* **209**, 4456, 547 – 557 (1980)
- [6] Elitzur, A. et Vaidman, L. **Quantum mechanical interaction-free measurements**, *Foundations of Physics* **23**, 987-97 (1993)
- [7] White, A. et. al. **”Interaction free” imaging**, *Phys. Rev. A* **58**, 605–613 (1998)
- [8] Blatt, R et. Wineland, D. **Entangled states of trapped atomic ions**, *Nature* **453**, 1008-1015 (2008)
- [9] Blatt, R et al. **Quantum simulation of the Dirac equation**, *Nature* **463**, 68-71 (2010)
- [10] Zee, A. **Quantum field theory in a nutshell**, Princeton University Press.