

**Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos**

**XII Semana Integrada do Instituto de
Física de São Carlos**

Livro de Resumos

**São Carlos
2022**

Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos

SIFSC 12

Coordenadores

Prof. Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Junior

Diretor do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Javier Alcides Ellena

Presidente da Comissão de Pós Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes

Presidente da Comissão de Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Comissão Organizadora

Adonai Hilario

Arthur Deponte Zutião

Elisa Goettems

Gabriel dos Santos Araujo Pinto

Henrique Castro Rodrigues

Jefter Santiago Mares

João Victor Pimenta

Julia Martins Simão

Letícia Martinelli

Lorany Vitoria dos Santos Barbosa

Lucas Rafael Oliveira Santos Eugênio

Natasha Mezzacappo

Paulina Ferreira

Vinícius Pereira Pinto

Willian dos Santos Ribela

Normalização e revisão – SBI/IFSC

Ana Mara Marques da Cunha Prado

Maria Cristina Cavarette Dziabas

Maria Neusa de Aguiar Azevedo

Sabrina di Salvo Mastrandiono

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Informação do IFSC

Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos

(12: 10 out. - 14 out. : 2022: São Carlos, SP.)

Livro de resumos da XII Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos/ Organizado por Adonai Hilario [et al.]. São Carlos: IFSC, 2022.

446 p.

Texto em português.

1. Física. I. Hilario, Adonai, org. II. Titulo

ISBN: 978-65-993449-5-4

CDD: 530

PG107

Dinâmica de um condensado de Bose-Einstein turbulento

BARROS, Leonardo de; SANTARELLI, Monica Caranhas; BAGNATO, Vanderlei Salvador

wtbleonardo@usp.br

Em 2009, foi feita, em nosso grupo, a primeira alegação de se ter gerado turbulência em uma nuvem com condensação de Bose-Einstein, de átomos de Rubídio 87. (1) Desde então, o grupo tem dado ênfase em explorar as fases exóticas das nuvens atômicas, estudando seu comportamento mediante a aplicação de campos magnéticos oscilatórios adicionais ao potencial de aprisionamento. Ao se estudar a expansão livre dessas nuvens turbulentas com potencial de aprisionamento assimétrico, verificou-se um comportamento diferente do que ocorria em nuvens não turbulentas na mesma situação: enquanto nestas a expansão inverte as proporções de seus raios, no caso turbulento há a expansão de maneira aproximadamente auto-similar, ou seja, mantendo a proporção das suas dimensões. Posteriormente, métodos teóricos foram bem sucedidos em explicar a auto-similaridade com base em um modelo hidrodinâmico para a nuvem condensada, que contabiliza a energia adicional devido ao campo de velocidades dos vórtices. (2-3) Em nosso trabalho, utilizamos o método variacional para derivar novamente as equações dinâmicas que regem a evolução da nuvem condensada,, mas incluindo o termo de pressão quântica, desconsiderado em trabalhos anteriores. Para analisar as equações do nosso modelo nos baseamos no nosso sistema experimental, isto é, consideramos uma nuvem de Rubídio 87 com 10^5 átomos, sujeita a um potencial cilíndrico simétrico com eixo em z. Ao estudarmos a expansão livre da nuvem, verificamos que o termo de pressão quântica estimula a inversão das proporções, ou seja, atua contra a auto-similaridade, mas não a ponto de gerar uma expansão isotrópica ou de proporções invertidas: a proporção final dos raios é alterada em aproximadamente 25%. Tal comportamento mostra que o termo de pressão quântica, que pouco influencia a expansão livre de uma nuvem não turbulenta, passa a ser importante quando há vórtices. Isso é esperado dado que o termo é dependente do gradiente da densidade, que é grande nas regiões dos vórtices. Estudamos também o comportamento do condensado armadilhado sujeito a pequenas oscilações. Realizamos perturbações senoidais, sendo a perturbação no eixo x igual à no eixo z, e em antifase com a perturbação em y. Nesse caso, encontramos 3 modos coletivos, correspondentes ao modo quadrupolar (oscilação em anti-fase de Rz com Rx e Ry, sendo Ri o raio da nuvem no eixo i), ao modo breathing (oscilação em fase em todas as dimensões) e à precessão (oscilação em anti-fase de Rx e Ry). Percebemos que a única frequência a se alterar de maneira significativa com a vorticidade foi a do modo quadrupolar, que aumentou em aproximadamente 20% no caso em que a razão entre o número de vórtices pelo número de átomos do condensados é da ordem de 10^{-3} . Tal resultado indica uma maior incompressibilidade da nuvem condensada devido ao campo de vórtices. Tanto a análise da influência do termo de pressão quântica quanto o estudo dos modos coletivos nos ajudam a reproduzir de forma mais completa o problema da dinâmica de um Condensado de Bose-Einstein turbulento. Esperamos que uma análise qualitativa de nossos resultados contribua para responder algumas das questões que permanecem em aberto.

Palavras-chave: Condensado de Bose-Einstein. Fluido quântico atômico. Turbulência.

Agência de fomento: CAPES (88887.601151/2021-00)

Referências:

- 1 HENN, E. A. L. *et al.* Emergence of turbulence in an oscillating Bose-Einstein condensate. **Physical Review Letters**, v. 103, n. 4, p. 045301-1-045301-4, July 2009.
- 2 CARACANHAS, M. *et al.* Self-similar expansion of the density profile in a turbulent Bose-Einstein condensate. **Journal of Low Temperature Physics**, v. 166, n. 1-2, p. 49-58, Jan. 2012.
- 3 CARACANHAS, M. *et al.* Self-similar expansion of a turbulent Bose-Einstein condensate: a generalized hydrodynamic model. **Journal of Low Temperature Physics**, v. 170, n. 3-4, p. 133-142, Feb. 2013.