



CONDENSADO DE BOSE-EINSTEIN: FUNDAMENTOS, DESCOBERTAS E APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Graziele Stephanie Da Silva Chaves¹

Ossamy Lima Okura²

Aristeu Rosendo Pontes Lima³

RESUMO

O condensado de Bose-Einstein (CBE) é um estado quântico da matéria, previsto por Albert Einstein e Satyendra Bose em 1924 e observado experimentalmente 71 anos depois, em 1995. Esse estado ocorre quando átomos bosônicos são resfriados a temperaturas próximas ao zero absoluto, fazendo com que se comportem como uma única entidade quântica. Por meio da técnica de resfriamento com lasers e campos magnéticos, foi possível criar o primeiro CBE utilizando átomos de rubídio. Esse fenômeno permitiu a observação de propriedades como a superfluidez, onde um fluido se move sem resistência, oferecendo novas perspectivas para o estudo da física quântica em sistemas macroscópicos. As aplicações tecnológicas do CBE incluem o desenvolvimento de sensores ultra-sensíveis e o avanço da computação quântica. Para o ensino médio, esse tema faz com que possamos explorar conceitos complexos de forma prática e acessível, mostrando a importância da física quântica para o futuro da ciência e tecnologia.

Palavras-chave: Condensado de Bose-Einstein; Descoberta; Superfluidez; Computação Quântica.

E. E. M. T. I Dr. Brunilo Jacó, E. E. M. T. I Dr. Brunilo Jacó, Discente, grazenschaves@gmail.com¹

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Discente, ossamyokura47@gmail.com²

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Discente, aristeu@unilab.edu.br³



INTRODUÇÃO

O condensado de Bose-Einstein (CBE) é um estado quântico da matéria, previsto por Albert Einstein e Satyendra Bose em 1924, que ocorre quando átomos bosônicos são resfriados a temperaturas extremamente baixas, próximas do zero absoluto. Nessa condição, as partículas perdem suas identidades individuais e se comportam de forma coletiva, formando uma "superpartícula" que ocupa o mesmo estado quântico. Esse fenômeno foi observado experimentalmente apenas em 1995, tornando-se uma descoberta crucial para a física quântica. O CBE é um exemplo de gases quânticos, que estão na fronteira do conhecimento em física da matéria condensada. Esses fenômenos abrangem desde os núcleos das estrelas até tecnologias avançadas, como o LHC, onde supercondutores geram campos magnéticos para manter partículas em órbita a quase 100% da velocidade da luz. Apesar de sua importância científica, esses materiais são pouco conhecidos pelo público, o que torna essencial a divulgação científica para ampliar o entendimento sobre essas descobertas revolucionárias.

METODOLOGIA

Através de ampla pesquisa bibliográfica, tanto em Língua Portuguesa como em Língua Inglesa, buscamos conhecer o que se sabe sobre condensados de Bose-Einstein (CBEs) e como se pode difundir esse conhecimento. Diante o exposto, analisando a referência [1] temos que o processo para criar um CBE envolve resfriar átomos, como os de rubídio, utilizando um sistema de lasers e campos magnéticos que os desaceleram e diminuem sua energia térmica. À medida que a temperatura dos átomos cai drasticamente, suas propriedades quânticas começam a se sobrepor, e eles entram em um único estado quântico. Em laboratório, essa técnica de resfriamento foi essencial para a primeira observação do CBE. Ademais, a referência [1] permite estudar não somente o CBE, mas também algumas de suas aplicações, como é o caso da superfluidez. Não só isso, mas também alguns conceitos prévios de quântica para entender melhor a condensação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro condensado de Bose-Einstein foi observado em 1995, utilizando átomos de rubídio resfriados a algumas bilionésimas de grau acima do zero absoluto. A criação do CBE permitiu observar a superfluidez, onde o fluido se move sem resistência, demonstrando propriedades quânticas em uma escala visível. Este fenômeno é uma chave para entender a física quântica em sistemas macroscópicos, oferecendo novas perspectivas para pesquisas em áreas como computação quântica e nanotecnologia. O CBE também revela como partículas bosônicas podem ocupar o mesmo estado de energia e funcionar como uma entidade única, além disso, temos também o fenômeno de bosenova.

CONCLUSÕES

O condensado de Bose-Einstein é um marco na física moderna, pois permite a observação de efeitos quânticos em escalas maiores do que jamais imaginadas. Sua descoberta abre novos horizontes para a ciência e a tecnologia, influenciando o desenvolvimento de inovações como a computação quântica e sensores ultra-sensíveis. Para o ensino médio, essa descoberta ajuda a demonstrar como os princípios da física quântica podem ser estudados de forma prática e acessível, mesmo em fenômenos extremamente complexos.



AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do plano de trabalho de gases quânticos dipolares na superfície de uma esfera, por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic), da Unilab.

REFERÊNCIAS

[1]BAKER, J. 50 ideias de Física Quântica. [s.l.] Planeta, 2023. [2]BÖTTCHER, F. et al. Transient Supersolid Properties in an Array of Dipolar Quantum Droplets. *Physical Review X*, v. 9, n. 1, 22 mar. 2019. [3]TOWNSEND, C.; KETTERLE, W.; STRINGARI, S. Bose-Einstein condensation. *Physics World*, v. 10, n. 3, p. 29-36, mar. 1997.