

MODELOS MATEMÁTICOS Y SIMULACIONES DE LA TEORÍA BCS EN NÚCLEOS SUPERCONDUCTORES

Julián Franco Gelabert
Instituto Balseiro, Argentina
julian.gelabert@ib.edu.ar

En este trabajo se presenta una formulación matemática detallada y simulaciones de la teoría BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) aplicadas a núcleos atómicos, utilizando isótopos de estaño y níquel como casos de estudio. La teoría BCS, originalmente desarrollada para describir la superconductividad en materiales sólidos, se adapta aquí para analizar el apareamiento de nucleones desde un enfoque matemático riguroso.

Se emplea el Modelo de Capas como base para desarrollar el formalismo de cuasipartículas y deducir las ecuaciones BCS a través de métodos de variacionales. Las ecuaciones obtenidas describen el comportamiento de los nucleones emparejados en el núcleo, análogos a los pares de Cooper en la superconductividad. Se realizaron cálculos numéricos precisos utilizando el programa BCSCONT, evaluando observables como el nivel de Fermi, probabilidades de ocupación y energías de separación de neutrones mediante métodos matemáticos avanzados.

El trabajo incluye una comparación rigurosa de los resultados numéricos con datos experimentales, validando la aplicación de la teoría BCS en la descripción de núcleos en la línea de goteo de neutrones. Además, se presenta una extensión del formalismo mediante las ecuaciones de Gorkov y el uso de funciones de Green, proporcionando una visión matemática profunda de la dinámica y estructura de los núcleos superconductores.

Las ecuaciones BCS fundamentales derivadas en este trabajo son:

$$\Delta = G \sum_k \frac{\Delta}{2E_k}$$

donde Δ es el gap de energía y E_k es la energía de cuasipartícula. La energía de separación de neutrones S_n se calcula como:

$$S_n(N, Z) = B(Z, N) - B(Z, N - 1)$$

donde $B(Z, N)$ es la energía de ligadura del núcleo con Z protones y N neutrones.

El formalismo de Gorkov se desarrolla a partir de las funciones de Green, proporcionando soluciones algebraicas para las ecuaciones de movimiento:

$$\left(i\hbar \frac{\partial}{\partial t} - H \right) G(\mathbf{r}, t; \mathbf{r}', t') = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \delta(t - t')$$

donde G es la función de Green y H es el Hamiltoniano del sistema.

Este estudio no solo aporta un enfoque matemático a la teoría BCS aplicada a la física nuclear, sino que también sugiere posibles extensiones y mejoras en la modelización matemática de sistemas complejos de muchos cuerpos.