

学位論文要旨

Chiral Symmetry Breaking in Four-fermion Interaction Model with Thermal and Finite-size Effects

(有限温度・有限サイズ効果を伴う 4 体フェルミ相互作用モデルにおけるカイラル対称性の破れ)

氏名 下地 寛武

対称性は物理において基本となる概念である。初期宇宙において高い対称性が実現していたが、宇宙が発展していく過程で素粒子の標準模型で示される対称性に自発的に破れたと考えられている。カイラル対称性は物質の動的な質量生成機構において重要な役割を担っており、その対称性に関する相構造の解明は意義のあることである。高エネルギー物理において相構造は通常温度と化学ポテンシャルとで張られる平面上に描かれるが、その構造は先述の温度や化学ポテンシャル以外の系の状態を指定するパラメータによっても変化することがよく知られている。様々な環境からの影響について調べることは相構造についてより良い理解へつながると考えられる。本論では強結合フェルミオン系におけるカイラル対称性の破れに及ぼされる有限サイズ効果に注目する。

4 体フェルミ相互作用モデルはしばしばカイラル対称性の自発的破れを記述するために用いられる。初めにゼロ温度と有限温度とにおける 4 体フェルミ相互作用モデルに関する簡単なレビューを行う。とくに本論文ではそれらのカイラル対称性の破れを記述できるモデルの中でも Gross-Neveu 模型を基本的に用い、 $1/N$ 展開のリーディングなオーダーで有効ポテンシャルを評価することで、有限サイズ効果を伴う相構造の探索を行う。

まずゼロ温度・ゼロ化学ポテンシャルで有限サイズ効果を伴う相構造について議論する。有効ポテンシャルの評価においてしばしば発散の問題が伴い、先行研究において有効ポテンシャルの発散を取り除く手続きに系のパラメータに依存する有限部分が含まれていた。本論ではそのような手続きを改善し、有効ポテンシャルや動的に生成される質量、弦の張力の評価を行う。相構造に加えて、系の安定なサイズについても議論する。相構造は上述の有効ポテンシャルの改善によって変化しないが、弦の張力はその影響を受ける。弦の張力に注目して系の安定なサイズについて解析した結果、そのような安定なサイズは実現されないことを示した。

次に有限サイズ効果だけでなく、熱的な効果も考慮してカイラル対称性の自発的破れを議論する。有限サイズ効果によって、有限温度・有限化学ポテンシャル下でより複雑な相構造が実現される。本論では詳細な相構造を探索するため、有効ポテンシャルを最小値だけでなく他の極小値も含めて評価し、系のパラメータで張られた平面上に相図を示す。低温・高化学ポテンシャルの領域において、系がある大きさになったときに複雑な相境界の構造が現れることを示した。また圧力などの熱力学的な量を評価し、ゼロ化学ポテンシャルにおいて見いだされなかった系の安定なサイズを発見した。