

博士論文の要旨及び審査結果の要旨	
氏名	齊藤 照之
学位	博士 (理学)
学位記番号	新大院博 (理) 第 472 号
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名	連続状態乱雑位相近似に基づく直接中性子捕獲反応の理論的研究
論文審査委員	主査 教授・松尾 正之 副査 教授・小池 裕司 副査 准教授・大坪 隆 副査 教授・浅賀 岳彦 副査 准教授・関澤 一之
<p>博士論文の要旨</p> <p>自然界に存在する元素・核種はすべて、ビッグバン以後の宇宙の進化過程における原子核反応に起因する。鉄より原子番号の大きな核種の多くは、超新星爆発や中性子星合体などの高密度中性子環境の下、中性子過剰領域の多数の原子核を経由する高速かつ連鎖的な反応 (r プロセス) で生成されたと考えられるが、その定量的理解は現在の大きな課題となっている。本研究では、r プロセスの重要な基礎過程である直接中性子捕獲反応に着目し、その理論的記述手法を進展させたものである。すなわち、核子系の量子多体理論 (密度汎関数理論と乱雑位相近似) に基づいて、直接中性子捕獲断面積を計算する新たな理論手法を構築するとともに、具体的な数値計算を用いて新理論の特徴を明らかにすることを目指して行われたものである。</p> <p>本研究で構築された新理論は、中性子捕獲により形成する原子核の励起状態とその相関を連続状態乱雑位相近似で記述すること、特に、基底状態のみならず集団相関を有する低励起状態へのガンマ遷移チャンネルを記述することにおいて、既存の研究にない大きな特徴を有する。具体的な理論定式化は 2 段階で構築される。1) 粒子空孔型相関をもった励起状態間のガンマ遷移を記述する拡張された連続状態乱雑位相近似の定式化。これにより低励起状態を始状態とし、巨大共鳴やソフト双極子状態などの終状態とする光吸収断面積を記述する理論を構築した。2) 第 2 段階として、光吸収の終状態を中性子散乱状態の部分波で分解することで、光吸収・中性子放出断面積を定式化し、逆過程との詳細釣り合いから、中性子捕獲断面積が導かれた。</p> <p>博士論文では、第 1 章と第 2 章で研究目的と密度汎関数理論・乱雑位相近似の概要が論じられたのち、第 3 章で上記の第 1 段階の研究結果が論じられる。続いて、第 4 章で中性子捕獲反応を記述する一般的理論枠組みを論じたのち、第 5 章で上記第 2 段階の定式化が与えられる。第 6 章は、中性子過剰スズ同位体の反応 $^{139}\text{Sn} + n \rightarrow ^{140}\text{Sn}$ を対象に行われた具体的な数値計算解析の結果が提示される。入射中性子の散乱状態として形成される ^{140}Sn の励起状態には、多重極度 1,2,3 の巨大共鳴状態やソフト双極状態を記述し、ガンマ遷移の低励起終状態として $2_1^+, 2_2^+, 3_1^-$ に着目した計算が行われる。計算結果の詳細な分析に</p>	

より、これらの状態における集団相関が直接中性子捕獲断面積に及ぼす効果の詳細が明らかにされている。

審査結果の要旨

上記のように、本研究は、従来の理論研究には欠けていた、粒子空孔型の相関、特に種々の集団振動の相関を考慮した新しい直接中性子捕獲反応の理論を量子多体理論に基づいて構築したものであり、さらに、具体的な数値計算により直接中性子捕獲断面積における効果が重要であることを解明したものである。今後 r プロセスのシミュレーションに組み込んで、元素合成の研究に寄与するために解決すべき課題の一つを大きく進展させたものといえ、本論文の学術的意義は高い。また、理論的定式化、様々な要素を含む大規模数値計算コードの開発、数値計算による解析は、指導教員のアドバイスは受けながらも、ほぼ単独で達成したものであり、研究の達成度も高く評価できる。なお、本研究の一部はすでに、アメリカ物理学会が発行する学術誌 *Physical Review C* に掲載されており、物理学コースの基準を満たしている。

よって、本論文は博士（理学）の博士論文として十分であると認定した。