

論文審査の結果の要旨

氏名 西 隆博

本論文は5章からなる。第1章では、研究の動機は、原子核中でのカイラル対称性の回復に対して実験的知見を得ることにある。原子核中での π 中間子の散乱長とカイラル対称性の回復に強い関係があることが述べられ、深く束縛した π 中間子の束縛エネルギーを測定することで原子核中での π 中間子の散乱長を評価できることが述べられている。これまでの深く束縛した π 中間子の束縛エネルギー測定がレビューされている。特に、ドイツ GSI で行われ原子核中での π 中間子の散乱長を決定した実験と理化学研究所での本論文の先行実験について詳しく述べられている。先行実験は励起状態の束縛エネルギーの測定の可能性が示され、本論文では励起状態の束縛エネルギーの精密測定により原子核中での π 中間子の散乱長の測定精度の向上を目指した。

第2章では、実験装置が説明されている。本論文における実験は、理化学研究所の RIBF 実験施設において遂行された。Superconducting Ring Cyclotron (SRS)で加速された 501.3MeV の重陽子ビームを BigRIPS 装置に入射し、途中の焦点面に設置した ^{117}Sn と ^{122}Sn 標的に照射し、生成される ^3He を BigRIPS 後段で精密に運動量測定することで、 ^{116}Sn と ^{121}Sn に束縛された π 中間子の束縛エネルギーを測定する。本章では、実験に用いられたビーム輸送装置、測定装置、標的などの詳細に関して記述されている。本実験では、ビーム光学系の分散整合の手法により、焦点面で位置を測定することにより粒子の運動量を測定している。そのビーム光学の詳細な説明も行われている。この光学系の設計、実際のビームを用いた調整は、論文提出者によってなされた。特に、GSI の実験に比較して大きな角度アクセプタンスを持つことにより、励起した束縛状態まで測定することを可能にしたのは大きな成果である。

第3章では、データの解析手法の説明がされている。まず、反応により放出された ^3He をバックグラウンド粒子（主に、陽子）から飛行時間測定法、エネルギー損失、加速器での加速クロックとの時間差を用いて区別する方法について述べられている。その結果、98.5%の測定効率を達成しつつ、バックグラウンド粒子の混合を無視できるほど小さくすることに成功した。次に、 ^3He の位置を MWPC によって測定する方法が述べられている。十分な測定効率と位置分解能を得ることに成功した。さらに、それらの測定情報からビーム光学を用いて運動量情報へと変換する方法とその更正方法が述べられている。エネルギー測定の分解能の評価も行っている。結果として、励起エネルギースペクトラムを得ることに成功した。また、実験で得た情報を基にシミュレーションを用いてアクセプタンスの評価を行った。

第4章では、得られた実験結果とそれに基づく考察が展開されている。3章で得られた励起エネルギーのスペクトラムに対して実験的効果を考慮したモデルを用いて再構成することで、それぞれの束縛状態の強度と束縛エネルギーを導いている。さらに、生成断面積の評価を行っている。束縛エネルギー、生成断面積それぞれの系統誤差の評価を行っている。束縛エネルギーの情報により π 中間子の散乱長の評価を行っている。その際に、基底状態と励起状態の情報を同時に用いることで、系統誤差を小さくすることに成功した。これは世界初の成果であり、現状で世界でもっとも精度の良い測定である。これらの結果は、論文提出者によってもたらされた。

第5章は、論文全体の結論であり、本研究の動機・目的・実験手法・結果などについてのまとめが述べられている。

なお、本論文第2章・第3章は、早野龍五、板橋健太らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験・解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。