

論文審査の結果の要旨

氏名 小山 俊平

本論文は6章からなり、その研究内容は、中性子および2中性子移行反応を用いて、軽い陽子過剰核 ${}^8\text{C}$ およびその同調体 ${}^7\text{B}$, ${}^6\text{Be}$ の核分光を行い、これらの核の新たな共鳴励起状態を発見したものである。

第1章(序章)では、陽子と中性子で構成される原子核構造に対するいくつかの描像と相関、最近進展している第一原理的計算の成果を概観し、本研究の対象である陽子崩壊に対して不安定な軽い原子核の共鳴状態の研究が動機づけられている。これらの状態を生成するための有効な手法として、陽子過剰核ビームからの (p,d), (p,t)反応、およびその逆運動学による質量欠損測定が記述されている。原子核構造研究における当該研究の位置づけが明確に記述されており、実験手法の適格性とあわせて、論文提出者の科学的能力の高さが示されている。

第2章では、具体的な実験セットアップについて詳細に記述されている。フランス重イオン加速器施設 (GANIL)で、核子あたり 75 MeV に加速された ${}^{12}\text{C}$ ビームの入射核破碎反応の生成物を LISE スペクトロメータで分析、分離することで二次ビーム(${}^9,{}^{10}\text{C}$, ${}^8\text{B}$, ${}^7\text{Be}$, ${}^6\text{Li}$)が生成された。イベント毎に核種が識別された二次ビームは、液体水素標的 (CRYPTA)に照射され、反跳粒子である重陽子および3重陽子は MUST2 テレスコープにより測定された。論文提出者は、実験セットアップ全体および個々の検出器の動作を深く理解しており、特に、CRYPTA の改良、調整、運転を主導し実験の成功を導くなど、実験遂行能力の高さが示されている。

第3章では、解析手法が詳細に記述されている。二次ビームの粒子識別、反跳検出器の較正および既知の反応過程の運動学を用いた補正が注意深くなされている。実際のセットアップに基づいたシミュレーションにより、アクセプタンスおよび分解能が評価され、励起エネルギーに対する分解能が 0.5 MeV (r.m.s.)程度と見積もられた。さらに、単純な Breit-Wigner 型とならない幅の広い共鳴および中間状態の幅が広い場合の2段階崩壊過程に対するエネルギースペクトル形状が R 行列理論に基づいて定式化されている。また、バックグラウンドとなる相関のない多粒子崩壊過程の連続スペクトルについて、想定される中間状態に応じて評価されている。緻密な較正や補正は論文提出者の実験物理学研究者としての能力を示している。データ解析に必要なスペクトル形状の評価は独自に開発されたものであり、論文提出者の手法開発能力の高さが示されている。

第4章は、具体的な解析手法を含めた実験結果が詳細に記述されている。まず、 $^{12}\text{C}(\text{p},\text{t})$ および $^{12}\text{C}(\text{p},\text{d})$ 反応のスペクトルおよび微分断面積の測定結果が、順運動学による実験で公表されているものと比較され、実験手法および解析方法の妥当性が示されるとともに系統誤差の評価がなされている。 ^9C , ^8B , ^7Be , および ^6Li ビームに対する (p,d) 反応について、それぞれのエネルギースペクトルが示されている。それらは、残留核の基底状態、励起状態(共鳴状態)および連続スペクトルの和でフィットされた。同様に $^{10}\text{C}(\text{p},\text{t})$ 反応の結果も示され、新たに、 ^8C , ^7B , ^6Be 核をあわせて5つの状態が同定された。これらのうち、16 MeV 以上の高励起状態は既知の ^5Li 核の場合を含めて、 α 崩壊が強く抑制されていることが示された。解析手法は緻密で、得られた実験結果の信頼性は高く、論文提出者の解析能力の高さが示されている。

第5章では、得られた共鳴状態の性質に関する議論がなされている。 ^8C 核(陽子数 6、中性子数 2)の低励起状態に対しては、陽子数と中性子数が逆の鏡映核 ^8He の既知の状態と比較し、この質量領域の他の鏡映核間でみられている荷電対称性の程度と無矛盾であることが明らかになった。中性子数 2 の ^8C , ^7B , ^6Be , ^5Li 核で系統的に同定された高励起状態からの α 崩壊が抑制されていることから、それらの状態は、深く束縛された s 状態中性子の空孔を含む配位であると推論された。 (p,d) 反応はこうした深部空孔配位の生成に適していることと無矛盾であり、この成果の学術的な価値は高い。

これらの内容は、第6章で結論としてまとめられている。

以上のように本研究は、不安定核を含む軽い原子核に現れる共鳴状態の系統的な研究として位置づけられるもので、特に、深部空孔状態が共鳴として系統的に現れるという発見は核物理学の研究にインパクトを与えるものである。

なお、本論文は、共同研究であるが、主たる測定システムの開発、実験および解析を論文提出者が主体となって行ったもので、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。