

論文審査の結果の要旨

氏名 波田野 道夫

本論文は、7章からなり、第1章の序文に続き、第2章では偏極陽子固体標的の原理、装置開発の詳細などが述べられ、具体的な実験条件も明示されている。この偏極標的は、本実験研究での根幹である。第3章では、偏極標的以外の実験装置群（理化学研究所の加速器施設および検出器群）についての記述がなされており、第2章と同様、詳細な実験条件が述べられている。第4章では、データ解析の方法、特に、弾性散乱事象の抽出方法およびビーム量の見積もり方法について述べられている。第5章では、最終的な測定量である微分散乱断面積とベクトル偏極分解能を導出する方法とその結果、および統計・系統誤差が示されている。第6章では、本研究で得られた実験値と従来の実験値・理論値との比較を行うと同時に、現象論的な解析によって従来の実験値との差をより定量的に扱い、新たに得られた実験値の意味付けを行っている。これら第2章から第6章までの5章が本論文の中心である。最後の第7章では結論が述べられている。この他、付録として電子スピン共鳴スペクトルについての詳細な記述が収録されている。

本論文は、原子核物理学の大きな一つの柱である不安定原子核の分野における研究であり、不安定核ビームに適した偏極固体標的を世界に先駆け開発し、これをもってはじめて不安定核のベクトル偏極分解能を測定した画期的な研究である。

従来、原子核物理学の実験研究のプロープとして偏極陽子ビームが用いられてきた。陽子は単純な構造をもつため、弾性散乱の微分散乱断面積の測定を通じて、原子核物質の大きさおよび物質分布が明らかとなってきた。これに加え、陽子ビームを偏極させ、偏極分解能を測定することができると、物質分布の微分形に比例した成分を引き出し、原子核表面の知見をより詳細に得ることが可能となる。しかし、偏極陽子ビームを用いた実験では、研究対象は安定核に限られていた。その理由は、標的として生成可能な核としては安定核に限られるためである。一方、不安定核ビーム生成技術の発展により、安定線から遠く離れた不安定核の核構造研究が著しく発展しつつある。この研究を通じて、例えば、不安定核の特異な物質分布が明らかとなっており、中性子スキン核やハロー核が発見されている。不安定核ビームを用いた実験では、逆運動学のため、従来用いていたビームを標的にする必要がある。例えば、不安定核の特異な物質分布は、陽子や炭素などの比較的軽い核を標的とした散乱実験によって得ら

れている。不安定核の特異な構造に関して、その研究をもう一步深化させる必要があり、このためには、偏極陽子標的の開発が不可欠である。本研究の目的はここにある。

本研究では、不安定核ビームに適した偏極陽子固体標的を開発した。不安定核ビームは、そのビーム強度が低いため固体標的が必要であり、また、標的から反跳される陽子を測定する必要があるため、従来の標的に比べ、低磁場・高温で動作可能なものを開発することが不可欠であった。これら条件を満たす標的として、芳香族化合物をベースにした固体標的が開発された。

本研究で研究対象となった不安定核は、中性子スキン核として知られる ${}^6\text{He}$ である。 ${}^6\text{He}$ の大きさは、 ${}^4\text{He}$ よりも大きく、 ${}^6\text{Li}$ と同程度の大きさを持つことが知られていた。従って、 ${}^6\text{He}$ での偏極分解能が、 ${}^6\text{Li}$ とどう異なるかを調べることは興味深い。また、実験的には、 ${}^6\text{He}$ は束縛した励起状態を持たないので弾性散乱事象を選択することも比較的容易である。

実験は、理化学研究所の不安定核生成分離装置で行われた。 ${}^6\text{He}$ をビームとして造り、これを偏極固体標的に照射した。弾性散乱事象を選び出すために標的の左右に反跳陽子測定用の検出器群を、また、下流には、 ${}^6\text{He}$ を検出するための検出器群を配置した。

実験で得られたデータは、特筆すべきものがある。弾性散乱の微分散乱断面積は、 ${}^6\text{Li}$ のデータとほぼ同じであり、これは、 ${}^6\text{He}$ が ${}^6\text{Li}$ と同程度に物質が広がっていることを示しており、これまでのデータと矛盾がない。一方、ベクトル偏極分解能の散乱角依存性は、偏極分解能に大きな不定性があるものの、 ${}^6\text{He}$ と ${}^6\text{Li}$ では、定性的に全く異なる振る舞いをしている。原子核反応の微視的理論でも ${}^6\text{He}$ の微分散乱断面積は説明できるが、ベクトル偏極分解能については実験データを再現することができていない。そこで、偏極分解能の差異をより定量的に議論するために、現象論的な光学模型で解析を行ったところ、 ${}^6\text{He}$ と ${}^6\text{Li}$ の違いは光学ポテンシャル項のひとつ、LS項の違いとして明らかとなった。実験データを再現するLS項を ${}^6\text{He}$ と ${}^6\text{Li}$ で比較すると、 ${}^6\text{He}$ のLS項は外側にあり、このことから ${}^6\text{He}$ と ${}^6\text{Li}$ とは異なる表面構造があることが示唆される。

以上のように本研究は、世界に先駆けて行われた野心的なもので、また学術的な価値も十分にある。また、本研究で得られた成果を踏み台にし研究対象を拡大することで、今後の発展が大いに期待できるものである。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって本実験用の標的システムの構築、検出器群の建設、実験遂行、及び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。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。