

論文審査の結果の要旨

氏名 施 赫胥

本論文は、7章からなる。第1章は、序文であり、K中間子水素原子を用いたこれまでのX線分光研究がまとめられ、本研究の背景、位置付け、目標および論文提出者の寄与について述べられている。第2章では本研究で利用したイタリア・DAΦNE電子陽電子衝突型加速器施設、SIDDHARTA実験の装置概要と検出器群・回路系の詳細が述べられている。第3章では取得したデータの概要がまとめられており、第4章では、K中間子事象の同定、X線検出器のエネルギー較正に関するデータ解析の詳細がまとめられている。第5章には取得したK中間子X線スペクトルに関する解析方法の詳細が述べられており、スペクトル中のバックグラウンドの同定、線スペクトルの統計処理方法などがまとめられている。第6章では、本研究で得られた実験値と従来の実験値・理論値との比較ならびに本成果の将来への波及効果などが議論・考察され、第7章では結論と今後の展望について述べられている。この他、付録として、標的密度の計算、モンテカルロ計算、K中間子ヘリウム原子のデータなどが収録されている。

本論文は、原子核物理学での主要課題のひとつ、K中間子と陽子間に働く強い相互作用に関する実験研究である。運動量移行がほぼゼロでの研究は、K中間子水素原子のX線分光がもっとも有力なツールであり、X線分光による原子準位のエネルギー精密測定と理論計算との比較により強い相互作用を評価することができる。

K中間子水素X線測定に初めて成功したのは1997年にKEKで行われたE228実験であり、この実験での1s軌道のシフトと幅からS波の散乱長に関する情報が取得され、S波相互作用は引力的であることが確立され、その後イタリアで行われたごく最近の実験でも再確認されている。一方、P波に関する情報は、2p状態から陽子に吸収される幅から得られる。2pの幅は、K中間子が原子軌道にはいつてから陽子に吸収されるまでの全過程を支配するパラメータであり、カスケード計算と実験収量との比較から2pの幅を推定することができる。しかし、これまで収量の実験値が正確に評価されたことがなかった。

本研究ではこのK中間子水素X線の精密測定により、S波だけでなくP波の情報を世界で初めて実験情報を提供することを目的とし、質のよい大強度K中間子が得られる、イタリア・DAΦNE電子陽電子衝突型加速器施設で低バックグラウンド下の精密K中間子水素X線測定を行っている。過去の実験に比べバックグラウンド事象の除去およびX線エネルギー測定分解能向上が図られており、具体的に

は、高分解能シリコンドリフト検出器(SDD)の採用によるエネルギー分解能の向上と速い時間特性を利用したバックグラウンド除去、水素ガス液体中での静止K中間子事象の選別、重水素ガスを利用したバックグラウンドデータの取得などをあげることができる。

本研究でのデータ解析においても徹底したバックグラウンド事象の除去とシミュレーションを行い、X線エネルギー分布の完全理解を達成している。特に、特性X線に関する統計処理では、重水素ガスデータを積極的に生かしつつ、水素ガスデータと同時に処理し、系統誤差を小さくすることに成功している。これら新しい実験手法と解析によって、X線の絶対収量を初めて実験的に決定した。この収量から2p軌道の幅が0.2~0.4 meVであることを推定し、この幅はほぼP波における $Kp \rightarrow \Sigma(1385)$ の吸収による効果として説明することができることがわかった。同時に1pのシフトと幅についても最高精度で実験値を導出し、これまでの値と誤差の範囲内で一致した。

以上の成果はK中間子と陽子との強い相互作用に関する基礎的かつ重要な情報であり、**Physical Review C**誌に掲載を予定している。

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、本実験の主要検出器SDDの動作、調整、データ収集といったハード面での貢献とともに、データ解析はもちろんのこと、シミュレーションなどのソフトウェア開発も行い徹底した解析を行っている。これらは本研究にとって不可欠な要素であり、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。