

氏 名	田 邊 徹 美 た な べ て つ み
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 142 号
学位授与の日付	昭 和 43 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	Breakup of Deuteron by Impact of Alpha Particle and Deuteron

(アルファ粒子の衝突, 及び重陽子の衝突による重陽子の分解)

論文調査委員 (主 査)
教 授 柳 父 琢 治 教 授 小 林 稔 教 授 武 藤 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

主論文は、重水素化ポリエチレンを標的として 29.2 MeV のアルファ粒子および 14.6MeV の重陽子ビームで衝撃し、重水素原子核即ち重陽子が陽子と中性子とに分解する反応を測定し、分解過程、分解機構に考察を加えた結果を記載したものである。

重陽子の生成および分解は、最も基礎的な原子核現象であって、従来多数の研究があるが、申請者が本研究において目的とした所は、堅い複合粒子であるフルファ粒子によって重陽子が分解する際、分解前の状態と分解後の状態との間の相互の影響の仕方を調べて分解過程を明らかにすること、更に、アルファ粒子と対蹠的な柔かい複合粒子である重陽子によって重陽子が分解する現象との比較により、相互の特徴を明らかにしようとしたもので、従来にはあまり見られなかった発想に基づいている。

アルファ粒子による重陽子の分解の実験においては生成した陽子、中性子、アルファ粒子の3個の粒子のうち、陽子およびアルファ粒子を、半導体検出器で構成したカウンターテレスコープで識別検出し、放出の同時性を確認した上で2次元の波高分析器に信号を入れて、エネルギースペクトルを測定している。重陽子による重陽子の分解の実験においても同様であるが、なるべく低いエネルギーの生成陽子、生成重陽子を検出することに努力を払っている。

申請者は生成3粒子のうちの2粒子を検出することにより、運動学を利用して、3粒子全部の運動状態および任意の2粒子間の相対エネルギーを決定した。2粒子のうちの1個の粒子の検出器は空間的に固定し、他の1個の粒子を検出するカウンターを反応平面内に移動させる方法、ビーム軸のまわりに一定の方位角を以って回転せしめる等によって、生成2粒子間の空間的な相関を求め、陽子—アルファ粒子間、中性子—アルファ粒子間の相対エネルギー変化に応ずる分解粒子のスペクトルの変化を追求した。この方法により、第1には重陽子が始めに束縛状態にあることの分解後のスペクトルへの影響、第2には陽子とアルファ粒子とが Li^5 原子核の基底状態を経由する共鳴散乱の影響、第3には、中性子とアルファ粒子とが He^5 原子核の基底状態を経由する共鳴散乱の影響等が、アルファ粒子による重陽子の分解過程に含ま

れていることを確認した。また分解前の状態と分解後の間の干渉は、理論的に予想されるよりも小であることを見出した。直観的に言えば、アルファ粒子の衝撃により重陽子が分解するのは、瞬時に行なわれのではなく、始めに重陽子が束縛状態にあったことの記憶が残っており、分解途上において重陽子中の中性子、陽子が入射して来たアルファ粒子と共鳴状態を形成するに足るだけの時間を費していることなどが判明したのである。これに対して、重陽子の衝撃によって重陽子が分解する時は始めの重陽子の束縛状態の影響のみが観測され、分解は、陽子—重陽子間、または中性子—重陽子間の準弾性散乱で生じていると解釈されることを示した。両者の分解現象を比較して、分解の過程において共鳴状態が存在しない場合と、存在する場合とで、前者は単純なインパルス近似で記述出来るが、後者の場合には、中間状態の寄与が大きく、現象は複雑で現在の理論を以てしては十分の説明がなされ難いことを結論している。

参考論文1は、コイル磁場を用いたベーター線スペクトロメーターの製作、性能向上に関する研究であり、参考論文2, 3, 5, 7および8は、 Be^9 , C^{12} , O^{16} 等の軽い原子核中のアルファクラスターの存在に関して研究を行なったものである。参考論文4および6は、重陽子がアルファ粒子の衝突によって分解する際の、陽子またはアルファ粒子のエネルギースペクトルを測定して、終状態相互作用の有無を論じたもので、主論文で示された研究の先駆をなしている。

論文審査の結果の要旨

重陽子は陽子と中性子とがゆるく結合した最も簡単な原子核で、重陽子の研究は原子核物理学の出発点である。またアルファ粒子は、陽子2個、中性子2個がスピン零の状態で強固に結合しており、第1励起準位のエネルギーは極めて高いという特徴のある原子核である。柔い複合粒子である重陽子が、堅い複合粒子であるアルファ粒子によって分解する過程は、ガンマ線のように質量を持たない粒子によって重陽子が分解する過程とは異なっていると予想される。過程として考えられる第1は、丁度玉突きの時のように、中性子のどちらかを、アルファ粒子が突きとばす、残った中性子又は陽子は、分解以前の運動状態をそのまま続行する場合である。この様な過程を、スペクテーター過程とか、ノックオン過程とか、重陽子ポール過程とかいろいろな言い方がされている。次に考えられる過程は、アルファ粒子が重陽子の近くを通過した際に、重陽子中の中性子又は陽子が、アルファ粒子に引っ張られて分解してしまうと言う場合である。この過程は、特に中性子とアルファ粒子との間の相対エネルギーが He^5 の一つの準位に対応している時とか、陽子とアルファ粒子とが Li^5 の準位を形成する時とかに強く生ずる。この過程を共鳴散乱過程とか、終状態相互作用による分解とか言う。第3に考えられるのは、重陽子とアルファ粒子とが一旦一体の系を形成した後に、全く同時に3個の粒子に分解する場合である。これを複合核過程とか、3粒子崩壊過程とか言っている。

これ等の3種の過程をお互いに分離するために、申請者は、生成された3粒子のうちの2個の粒子を検出する方法を採った。従来、アルファ粒子による重陽子の分解の研究は例に乏しいのであるが、通常は生成粒子のうちの1個の粒子のみを検出してそのエネルギースペクトルを調べている。申請者自身の、参考論文4および6に示されている研究もそうである。しかし、1粒子のみを検出したのでは他の2粒子のエネルギー状態に任意性が残るので、共鳴散乱過程等をはっきり抽出するのは難しい。2粒子のエネルギー

相関、空間相関を測定すれば、3粒子全部を測定したことになり、研究方法としては大きく進歩した。

申請者はこの研究より、次の結論を得た。第1には、29 MeV のアルファ粒子による分解過程においては、上の3種の分解過程のいずれもが存在することである。もし重陽子ポール過程のみで分解が生ずるのであれば、分解生成粒子の運動量分布は分解以前の重陽子中の核子の運動状態を再現する筈であるが、申請者の研究によれば、否定的な実証を得ている。第2の過程、即ち共鳴散乱だけによって分解が生ずるでもないことは、生成粒子のエネルギースペクトルに、共鳴部分と、重陽子ポールの部分とが共存していることより明らかである。第3の複合核過程も存在することは、位相空間密度の大きい所に現象も数多く生じていることから明らかである。従って、3種の過程が共存している。結論の第2は、分解後の3粒子の中の2粒子の間に共鳴状態が存在しない場合には、重陽子の分解は主としてノックオン過程で生じているということである。これは、重陽子と重陽子とが衝突して、いずれかの重陽子が分解する際のスペクトルの測定から得られたものである。この結論は同時に、 He^3 および Triton の励起状態が、今回の研究のエネルギー範囲では存在しない。あるとすればずっと高い所であるという主張をも含んでいる。結論の第3は、中性子—アルファ粒子間の共鳴と、陽子—アルファ粒子間の共鳴との間の干渉は、理論上予期されるよりも少ないという点である。この実験結果は、更に進歩した理論的解析を必要としているが、申請者はひとつの理由として、off energy shell の影響をあげている。定量的な一致はまだ得られていないが、分解の中間状態の効果が実証されたものと言えよう。結論の第4は、実験で得られた重陽子分解反応の断面積は理論値の1/2乃至それ以下であるということである。このことは、29 MeV 程度のアルファ粒子による重陽子の分解反応は、簡単な近似を許さない複雑な現象であることを示している。

以上の申請者の得た結論は、従来の重陽子の分解過程に関する研究を大きく前進させたものであり、重陽子の関与する原子核反応全般の考察に当たって新しい足掛りを与えたものである。参考論文で示された申請者の研究能力をも併せ考慮して、本論文は理学博士の学位論文としての価値があるものと認める。