

氏名	下 浦 享 しも うら すすむ
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 960 号
学位授与の日付	昭 和 61 年 3 月 24 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	VARIOUS INTERMEDIATE CHANNELS IN $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ REACTION ($^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ 反応における種々の中間チャネル)
論文調査委員	(主 査) 教 授 小 林 晨 作 教 授 玉 垣 良 三 教 授 政 池 明

論 文 内 容 の 要 旨

入射エネルギーが核子あたり 10 MeV 付近の軽い重イオン同志の反応においては、非弾性散乱や核子移行反応等の直接反応的な過程が重要となる。このような直接反応過程においては、系に持ち込まれるエネルギー及び角運動量が大きいので、入射核又は標的核の分解や、粒子崩壊の閾値をこえる高励起・高スピン状態からの崩壊がおり、反応の終状態がしばしば三体となる。このような三体性は今まで高励起状態のスペクトロスコピーやスピン分布といった中間状態としての個々の二体過程を調べるための道具として用いられてきている。これに対して、種々の中間の二体過程が同じ三体終状態になりうることに着目して三体性それ自身を以下のような観点から調べることも重要である。

(a) どのような中間過程が同じ三体終状態に寄与しているか。(b) 各過程は簡単な二体の直接過程及びそれに続く粒子崩壊として理解できるか。(c) 独立な二体過程としては記述できない新しい現象、すなわち異った中間過程の間に干渉効果が存在するか。

この研究では、最も簡単な軽い重イオン同志の三体反応の一つである $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ 反応の測定を $^{12}\text{C}-\alpha$ 同時計測に依って入射エネルギー 90, 110, 140 MeV で行い、上記の(a)–(c)の観点から解析した。この反応では以下のように異った中間チャネルを伴う四つの過程が存在する。

- (i) 非弾性散乱： $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{12}\text{C}_{0.5}+^{12}\text{C}^*\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$
- (ii) α 粒子移行： $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{16}\text{O}^*+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$
- (iii) ^8Be 移行反応： $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow\alpha+^{20}\text{Ne}^*\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$
- (iv) 共鳴状態を経ない分解過程 $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}\rightarrow^{12}\text{C}_{\text{g.s.}}+\alpha+^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$

まず、終状態の三粒子の任意の二粒子の相対エネルギーを座標軸とする Dalitz 図を開発し、四つの過程をあいまさなく同定した。その結果、この反応では、非弾性散乱(i)及び α 粒子移行(ii)の過程が主要であり、全体の80%以上の反応断面積を占めることが示された。次にこれら主要な二つの過程に対する二階微断面積（最初の過程に対する断面積と崩壊過程の角度相関関数の積で表わされる。）を解析し二つの

過程が同時におこる運動学的領域を除いて、これらが直接過程の代表的なモデルである有限レンジ歪曲波ボルン近似 (DWBA) で記述出来ることが示された。特に α 粒子移行反応では、運動学的適合条件の反映として角度相関関数の特徴が反応をおこす軌道角運動量と移行角運動量の簡単な関数で記述できることを明らかにした。次に非弾性散乱と α 粒子移行が同時におこる運動学的領域を明確に示し、その領域の断面積を解析した結果、この断面積が独立な二つの過程の単なる和では記述出来ないことを示し、このことによって二つの過程間に量子力学的干渉効果が存在することを実験的に初めて明らかにした。さらにこの干渉効果が定性的には二つの過程の DWBA 振幅の干渉で説明出来ることを示した。

論文審査の結果の要旨

$^{12}\text{C} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{C}_{\text{g.s.}} + \alpha + ^8\text{Bo}_{\text{g.s.}}$ 反応が入射エネルギー 90, 110, 140 MeV で $^{12}\text{C}-\alpha$ 同時計数法で調べられた。同じ $^{12}\text{C}_{\text{g.s.}} + \alpha + ^8\text{Bo}_{\text{g.s.}}$ 終状態へみちびく三種類の中間チャンネル ($^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}^*$, $^{16}\text{O}^* + ^8\text{Be}$, $\alpha + ^{20}\text{Ne}^*$) と非共鳴部分 (標的核又は入射壊の直接的分裂) の各断面積が抽出され議論された。ここで本研究が従来類似の研究と異なるのは、申請者が多くの角相関の組合せを同時に表現するための三体運動学を確立したことである。即ち三粒子中の二粒子の相対エネルギーに対する関係式から得られる一種の Dalitz Plot を見出したことである。素粒子物理学において既に類似の手法が用いられているが、重イオン核反応への一般化は国際的にみても最初の仕事である。この手法の適用により $^{16}\text{O}^* + ^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ と $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}^*$ チャンネルが支配的な断面積をもち、一方重いクラスターの移行 ($\alpha + ^{20}\text{Ne}^*$) と非共鳴分裂過程は夫々数%の寄与しかないことが明らかになった。又 $^{16}\text{O}^* + ^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ と $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}^*$ チャンネルに対して ^{16}O における (4_1^+ , 5_1^- , 6_1^+ , 7_1^-) 状態と $^{12}\text{C}(3_1^-, 4_1^+)$ 状態が選択的に励起された。三つのチャンネルに対する同時計数断面積は DWBA 計算で再現された。この反応では二つの中間チャンネル $^{16}\text{O}^* + ^8\text{Be}_{\text{g.s.}}$ と $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}^*$ が同時に参与する運動学的領域に興味がある、というのはこれらの中間チャンネル経路が支配的であり、且つ同じ終状態にみちびかれるから、干渉効果が観測されると期待される。果してこの領域で実験的に得られた断面積はこれら二つの中間チャンネルに対して個別に見積られた断面積の簡単な和では説明出来ず、量子力学的干渉効果が三体重イオン核反応で初めて見出されたのである。この干渉効果は二つのチャンネルの T 行列の間の干渉を考慮に入れて DWBA 計算で定性的に理解できる。

以上のように申請者のすぐれた運動学的洞察から軽重イオン間の反応メカニズムの理解が一段と深まったといえるが、これらのチャンネルの間の干渉効果が観測されたことはこの反応の総合的理解には三体問題を正しく解かねばならぬことを意味している。成果がある特殊な反応に限られているといえ、軽重イオン間反応の典型的な実験であり、従来の包括的 (inclusive) 実験や、あいまいな実験設定による相関の実験からでは何故明快な知見が得られないかを明らかにした点で重要な寄与といえる。逆説的にいえば重イオン核反応の研究の道の険しさを示したわけである。本研究の成果と参考論文とを併せ考える時、申請者の複合粒子間の核反応に関するすぐれた研究能力と高い見識は明らかである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお、主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。