

氏 名	下 田 正 しも た ただし
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 642 号
学位授与の日付	昭 和 55 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	Direct Reaction Approach to the Continuum Spectra in Heavy-Ion Induced Nuclear Reactions (重イオン入射核反応における連続スペクトルの直接反応による理解)

(主 査)
論文調査委員 教 授 小 林 晨 作 教 授 柳 父 琢 治 教 授 玉 垣 良 三

論 文 内 容 の 要 旨

加速器技術の発展に伴い、1960年頃より各種重イオンの加速が容易になり、重い原子核を標的核に衝突させる時に起る核反応の研究が盛んになって来た。軽いイオンを入射させた場合と同様にまず残留核の基底状態近傍でのいくつかの離散的エネルギー・スペクトルが調べられた。重イオン反応の特徴としては、i)高いスピン状態を選択的に励起出来ること、ii)多種類の放出粒子が生成されることがある。このような離散的状態への転移には、最近では歪曲波ボルン近似などの量子力学的取扱いが適用され、その反応機構は原子核構造の知見と相俟って理解されて来た。残留核の励起エネルギーがさらに高い領域では一般的にはエネルギー単位間隔が小さくなり、連続のエネルギー・スペクトルが観測される。重イオン反応では特にこの連続エネルギー部分がかかなり大きな断面積をもつことが明らかになって来た。スペクトルはつりがね状を呈し、その中心は大変低いエネルギー領域にある。二体反応と仮定すると残留核は 100 MeV 以上の高励起状態に対応することになる。さらに多くの核子が移行される反応の断面積も小さくない。このように多くのエネルギーと核子が失われる即ち移行される機構について数多くの議論がなされてきたが、理論的取扱いは、系の自由度が多すぎるため、重イオン反応では比較的良好と考えられている古典的近似あるいは巨視的近似の範囲内に限られてきた。申請者等は、この反応機構をさらに実験的に立入って調べるために、参考論文の研究において、重イオン反応において放出される ^{12}B の核スピン偏極を、1核子移行反応、7核子移行反応についてそれぞれ測定した。前者はエネルギー移行が小さく、離散的転移にみられるような直接的過程によるものと考えられ、一方後者は、約 100 MeV ものエネルギーを移行するいわゆる深部非弾性散乱であると考えられる。ところが反応機構のよいプローブと信じられるスピン偏極については両者は似た振舞いを示したのである。このことは複雑な過程にもとづくと考えられていた連続スペクトルが直接過程によって理解出来るかもしれないことを示唆している。そこで本論文では、核子あたり 10 MeV 程度のエネルギーの種々の重イオンビーム (^{13}C から ^{20}Ne まで) を ^{40}Ca , ^{58}Ni などの核にあて反応生成物 (α より ^{28}Na) を精度よく識別してそのエネルギー・スペクトル、角度分布を系統的に調べた。

その結果、いくつかの側面が、核子のかたまりが直接的過程を通じて移行すると仮定して定性的に理解出来ることがわかった。特に大きなエネルギー移行は、重イオン反応に特徴的な角運動量の反応前後での整合条件によって深い反応のQ値が有利であるためと考えられる。次に、歪曲波ボルン近似を連続状態に適用して上の問題を量子力学的に取扱うことを試みた。すなわち、重イオン反応では、転移確率が量子数になめらかに依存するという点に着目して、それを解析関数で近似しいくつかの状態について DWBA 計算を行い、その結果を再現するように上記の関数を求めた。こうして、莫大な数の状態に対していちいち DWBA 計算を行うことなしに、連続スペクトルの断面積が求められることになる。この方法を様々の系における α 粒子移行反応に適用し実験的エネルギー・スペクトル（相対値）、角度分布をともによく再現出来た。ただし (^{20}Ne , ^{16}O) 反応では前方角で理論値とのくいちがい大きい、これは入射 ^{20}Ne の直接的分裂 ($^{20}\text{Ne} \rightarrow ^{16}\text{O} + \alpha$) の寄与のためと考えられる。この推論は、申請者らの粒子相関の実験 (^{20}Ne , $\alpha^{16}\text{O}$) の予備の結果によって支持されている。

論文審査の結果の要旨

最近重イオン核反応において深部非弾性散乱が大きな断面積をもち、重要な過程であることが実験的に明らかになってきたが、その解釈は、古典論の範囲を出ていなかった。申請者は、この反応機構を更に立ち入って詳しく調査するために、 ^{13}C より ^{20}Ne までの種々の重イオンを ^{40}Ca と ^{58}Ni にて、反応生成物 (α より ^{23}Na) を精度よく粒子識別して、そのエネルギー・スペクトルと角分布を系統的に測定した。粒子識別は、申請者がこの実験のために特に開発した計算機と結合した巧妙な方法で、極めて明快に信頼出来る精度で行われた。（参考論文3参照）又実験結果の解析も申請者らが先に行った重イオン反応で放出される ^{12}B のスピン偏極の測定結果（参考論文1）から深部非弾性散乱も従来考えられている複雑な過程のみでなく、単純な直接的過程を多く含んでいる可能性があるとして連続残留状態反応への歪曲波ボルン近似による解析方法を実際に、自身の実験結果に適用してエネルギー・スペクトルの相対値と角分布を再現することに成功した。又唯一のくいちがいの例であった (^{20}Ne , ^{16}O) 反応の前方角のスペクトルに対しては、 ^{20}Ne の直接的分裂 ($\rightarrow ^{16}\text{O} + \alpha$) によるものと解釈し、宇多川等と協力して解析し、実験結果を説明出来た。（参考論文2）又、実際にこれが実験的にそうであることを粒子相関の実験を行って追試している。かくして本論文は申請者が重イオン核反応機構の解明を一步進めた点で高く評価できる。又参考論文と併せ考えると、核反応機構に対して申請者が高い識見をもっていることが明らかである。よって本論文は理学博士の学位に値するものと考えられる。