

|         |                           |
|---------|---------------------------|
| 氏 名     | 家 城 和 夫<br>いえ き かず お      |
| 学位の種類   | 理 学 博 士                   |
| 学位記番号   | 理 博 第 954 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  | γ 線円偏光測定装置を用いた重イオン反応機構の研究 |

論文調査委員 (主 査) 教 授 小 林 晨 作 教 授 三 宅 弘 三 教 授 玉 垣 良 三

### 論 文 内 容 の 要 旨

比較的軽い重イオン ( $A = 6 \sim 20$ ) が原子核に衝突した場合に軽粒子 (陽子, 中性子,  $\alpha$  粒子など) が前方に高いエネルギーで放出される現象 (速軽粒子放出現象) が知られている。このような速軽粒子の起源としては, 複合核形成の初期の段階において放出されたとする説 (前平衡過程) 及び入射核が分解して, その一部が速軽粒子として放出され残りが標的核に移行したとする説 (重核片移行) の二つが提唱され議論されてきた。重イオンの軌道という点からみると, この二つのモデルは異なる符号の偏向角をもち残留核の核偏極が異った符号をもつと予想している。本論文では速軽粒子とともに放出される  $\gamma$  線の円偏光を測定することにより, 残留核の核偏極をもとめ, 速軽粒子放出の反応機構について議論する。原子核からの  $\gamma$  線の放出は核の角運動量状態に依存しているが, 核偏極を知るためには  $\gamma$  線のヘリシティを測定する必要がある。

スピン偏極した電子による  $\gamma$  線のコンプトン散乱がヘリシティに依存する断面積をもつことを利用した円偏光測定装置を製作した。円偏光測定装置の偏極分解能はモンテカルロ計算により求め, すでに精度よく求められている。 $^{12}\text{C} (d, d') ^{12}\text{C}^* (4.44) (E=22.75 \text{ MeV})$  反応からの  $\gamma$  線円偏光のデータと実験的に比較することにより確認した。実験は理化学研究所サイクロトロン の  $^{14}\text{N} (115 \text{ MeV})$ ,  $^7\text{Li} (49 \text{ MeV})$ ,  $^6\text{Li} (48 \text{ MeV})$  ビーム及び大阪大学核物理研究センターのサイクロトロン の  $^{14}\text{N} (208 \text{ MeV})$  ビームを用いて行なわれた。 $^{159}\text{Tb} + ^{14}\text{N}$  反応 (115 MeV) で測定された核偏極を放出粒子別にみると, 入射粒子から標的核へと移行する粒子数が増大するに従い, 大きな負から小さな正へと連続的に変わっており反応機構が準弾性的なものから多段階的な過程へと変化していることを示している。この傾向は  $^{12}\text{B}$  粒子や放出陽子の核偏極の測定結果と一致しており, 軽粒子の放出は, 多段階の前平衡過程が主であるようにみえる。しかし重い標的核 ( $^{159}\text{Tb}$ ,  $^{181}\text{Ta}$ ) の場合に,  $\alpha$  粒子が 25~40 MeV のエネルギーをもち  $40^\circ$  近くに放出されるときには, 大きな負の核偏極の値が見出された。それ以外の放出エネルギー, 角度では核偏極の値は小さく多段階的と考えられる。このような傾向は入射エネルギーが 208 MeV の場合や,  $^{16}\text{O}$  を入射ビ

ームとした場合にもみられるので、かなり普遍的なものと思われる。このようにビームと略同じ速度をもち古典的なかすり角方向に放出される $\alpha$ 粒子が負の核偏極をもつことは重核片移行反応と考えられている( ${}^6\text{Li}, \alpha$ ) 反応の場合をみると核偏極は放出 $\alpha$ 粒子のエネルギーによらず負でありこの考え方を裏付けている。

このように残留核の核偏極の測定によって重イオン反応における速軽粒子放出には重核片移行反応と前平衡粒子放出の両者の寄与があることが明らかとなった。この考え方により標的核に移行された角運動量や残留核の核整列などの物理量も矛盾なく説明することが可能である。

### 論文審査の結果の要旨

本研究では主に  ${}^{159}\text{Tb}+{}^{14}\text{N}$  の系について $\alpha$ 粒子が放出される時の残留核の核偏極が調べられている。重イオン  ${}^{14}\text{N}$  が原子核  ${}^{159}\text{Tb}$  に衝突した場合に、 $\alpha$ 粒子が前方に高エネルギーで放出される現象は、従来全く異った見解をもつ二つの観点から説明されてきた。即ち一方では  ${}^{14}\text{N}$  が衝突に際して $\alpha$ 粒子と残りの重複核片に分裂して $\alpha$ 粒子は前方に放出された残りの重核片が標的核に吸収されるという立場である。[重核片移行反応] この立場は $\gamma$ 線の side feeding の形から移行角運動量が狭い巾を持つと考えられ、支持されている。

他方、衝突に際して融合反応が主として起こり、やがて平衡に達するが、その前にこれらの $\alpha$ 粒子は hot spot をもつ核(前平衡)が回転しながら放出されるという立場である。[前平衡過程] これはマックスウェル分布にみえるエネルギースペクトルや、微分断面積が前方ピークであることから支持されている。申請者はこの二つの過程が残留核の核偏極に対して異った符号を与えると予想されることに注目して、残留核の核偏極を測定することを企てた。原子核からの $\gamma$ 線の放出は核の角運動量状態に依存しており、 $\gamma$ 線のヘリシティを測定すれば、核偏極を推定出来る。そのため申請者は、一對の大立体角で高い偏極分解能をもつ円偏光測定装置を設計製作した。測定原理としては、スピン偏極した電子による $\gamma$ 線のコンプトン散乱の断面積(Klein-Nishinaの式)が $\gamma$ 線のヘリシティに依存していることを利用するのである。装置は国際的にみて、高水準の性能で成功的に作動したといえる。実験は $\alpha$ 粒子とともに放出される $\gamma$ 線の円偏光を測定することにより残留核の核偏極を求めた。 $\alpha$ 粒子と $\gamma$ 線の検出器は、入射ビームに対して対称の位置に夫々二組用意され、 $2 \times 2 = 4$ 組の同時計数を取り、又円偏光測定装置の磁場を時々逆にして電子スピン逆転して、偏の非対称性の除去に周到な注意が払われている。又 $\gamma$ 線のヘリシティと核偏極の関係について詳細な議論が展開され、合理的な結論が得られている。このようにして得られた結果は、略ビームの速度をもち古典的なかすり角方向に放出される $\alpha$ 粒子に関しては、大きな負偏極を示し重核片移行反応を支持している。又それ以外の放出エネルギーと角度では核偏極の値は小さく、やや正の値を示す。これは多段階的な過程、前平衡過程の仮説を支持すると思われる。かくして、本研究の残留核の核偏極の測定によって、この反応機構に対して一元的な説明には無理があり、速 $\alpha$ 粒子放出には重い核片移行反応と前平衡粒子放出の両者の寄与があると考えらるべきであることが明らかになった。申請者は、しかしながら、この一つの特定の反応での結論を普遍的なものとする前に、更に広い標的核、ビームエネルギー、粒子放出角度での系統的な研究が必要であろうと指摘しているのは合理的である。本論文と参考論文

を併せ考える時、重イオン核反応機構に対する申請者の洞察は優れたものであり、又測定装置の開発能力にもみるべきものがある。

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。