

課題名 (タイトル) :

## Developments and Application of Continuum Discretized Coupled Channels Approach

利用者氏名 : 青木 保夫\*, 小沢 顕\*\*

所属 : \* 和光研究所 仁科加速器研究センター RIBF 研究部門 櫻井 RI 物理研究室

\*\*筑波大学物理

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

原子核反応の研究は、軽いイオンによる反応を経て、重いイオンを用いた研究に重心が移ってかなりの時間を経過した。重イオン核反応研究の黎明期には、直観的・古典力学的な手法で実験データを解釈していたが、量子力学を用いた定量的な理解へという移行期にある。原子核反応の研究は、物理そのものの追求という以外に原子炉でのいわゆるプルサーマル時の炉物理、核融合炉の設計に必要な核データ収集といった実用面の需要もあり、更に宇宙での元素合成の様なアマチュア科学者の興味という側面も持つ。ここでは、原子核反応機構を量子力学の三体問題的に取り扱う手法としての CDCC 法に注目し、この手法を用いたプログラムの開発および理研で得られた実験データへの適用を目的とする。因みに、CDCC 法は束縛エネルギーが小さい重イオンにより誘起される原子核反応に適用する事を目的として開発された手法である。今年度は実験データへこの手法の適用を行った。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

三体問題的な量子力学的取り扱いであるから、関係する 3 個の粒子間の相互作用ポテンシャルを仮定するところから作業が始まる。相互作用を仮定すると、この相互作用の下での散乱問題に対するシュレーディンガー方程式を、部分波展開の手法を用いて解く。ここで用いた CDCC 法の特徴は、終状態には 3 個の粒子が散乱状態にある状態と 2 個の粒子が弾性散乱状態にある状態の重ね合わせで記述している点にある。3 個の粒子の散乱状態は離散化するが、それでも多くの状態を取り入れねばならないので、次元の大きな二階連立微分方程式を解かねばならない。更に、境界値問題であるから、実験条件を再現するのに可能な全

ての独立解の重ね合わせる必要がある。重イオン反応の特徴として大きな波数が関係するから、微分方程式を細かい刻み幅で高精度に解かねばならない事や大きな角運動量が関係して来る事が挙げられる。これらのこの事は多くの計算を要求している。部分波展開では異なる部分波状態を独立に計算する事が出来るので、この部分を並列計算機にかけられる事が出来る。重イオン反応は歴史が浅く、実験装置の制約からポテンシャルを推定する部分にはまだなすべき仕事が沢山あり、この部分が結論の精度を下げると思われる。

## 3. 結果

1702 MeV の運動エネルギーをもつ  $^{23}\text{Al}$  を  $^{12}\text{C}$  標的に照射し、入射  $^{23}\text{Al}$  が陽子と  $^{22}\text{Mg}$  に壊れたと考える。この  $^{22}\text{Mg}$  が 0 度方向に放出される場合の運動量分布が測定されている。この  $^{22}\text{Mg}$  の運動量分布は、 $^{23}\text{Al}$  内部で  $^{22}\text{Mg}$  がどのように運動していたか (原子核の内部構造) を反映しているはずである。 $^{23}\text{Al}$  の内部構造にある種の仮定をおき、上記運動量分布を `ricc` を主とする計算機群で計算した。実験データと比較して、 $^{23}\text{Al}$  の内部構造に対する複数の仮定のどれかが矛盾が少ないかを定量的に比較出来る様になった。 $^{12}\text{C}$  と  $^{22}\text{Mg}$  の相互作用は未だはっきりしないので、 $^{23}\text{Al}+^{12}\text{C}$  全反応断面積を再現するという要求の下で、相互作用実部を何種類か仮定して CDCC 計算を行い、運動量分布の実験値と比較した。計算値は実験値よりも幾らか絶対値が大きいが、実験値の特徴である運動量幅は陽子が  $^{22}\text{Mg}$  に軌道角運動量 2 の束縛状態を主に占拠しているというモデルで説明出来る事が分かった。この陽子状態の軌道角運動量が 0 という可能性は計算では否定された。陽子を束縛するポテンシャルの形を有意に変えた計算を実行してみたが、上の結論は変更されなかった。入射  $^{23}\text{Al}$  から陽子を

剥ぎ取る原因として核力とクーロン力が考えられるが、クーロン力の寄与は全体の 15%以下程度であることが分かった。

4. まとめ

これまでで、

1) CDCC 手法による S 行列要素の計算、S 行列から弾性散乱微分断面積、全反応断面積、分解後の粒子の運動量分布等の観測可能な物理量への変換といったプログラム開発は概ね終了した。

2)  $^{23}\text{Al}+^{12}\text{C}$ , 入射エネルギー 1702 MeV, という実験結果の解析もほぼ終了した。

5. 今後の計画・展望

プログラムの公開及び解析結果の取扱い等が今後の課題として残っている。

6. 利用がなかった場合の理由

該当しない。