

課題名 (タイトル) :

重イオン用離散化連続チャンネル結合計算コードの開発と応用

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 本林重イオン核物理研究室*
和光研究所 仁科加速器研究センター RIBF 研究部門 実験装置開発室**

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。現在は、ある程度のプログラム開発が進み、各種の実験データへこの手法を適用するための応用プログラムの開発、個別原子核の個性を取り込むための手法の拡張や充実という方向へ少しずつ目が向き始めている。本研究は、特に関係するプロジェクトは無い。

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を重ね合わせる必要がある。重イオン反応の特徴としては、大きな波数が関係するために微分方程式を細かい刻み幅で高精度で解かねばならない事や大きな角運動量が関係してくる事が挙げられる。これらのために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多い。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}Al を ^{12}C 標的に照射し、入射 ^{23}Al が陽子と ^{22}Mg に壊れたと考える。この ^{22}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}Mg の運動量分布は、 ^{23}Al 内部で ^{22}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}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。実験データと計算値を比較して、 ^{23}Al の内部構造に対する複数の仮定のどれが矛盾が少ないかを定量的に比較出来る様になった。この結果は、今年度の春の物理学会(岡山, 講演番号22pB4)で報告する予定になっている。次の研究対象としては、重い炭素の同位体を入射粒子とする計算を開始している。

他機関の研究者との意見交換による研究手法の改良を目指し、

1) プログラムとそのマニュアルを以下のホームページで公開している。

<http://www.tac.tsukuba.ac.jp/~yaoki>

2) ミニワークショップを3月末に、理研で開催する準備を進めている。

4. まとめ

当面、順調に作業は進んでいると考える。

5. 今後の計画・展望

近未来的には、上記「3. 結果」で述べた作業をする。現在は、計算能力の制限から核子スピンを無視する近似計算である。これを活かすと、原子核の共鳴状態を取り込む計算が可能となる。これには、約10倍の計算能力が必要である。因みに、現在では ricc 系で256cpu 並列、1520時間の計算を2回行い、1つの S 行列計算としている。継続開発という意味では、次期スーパーコンピュータという事になる。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容

「2. 具体的な利用内容、計算方法」の最後に述べたが、利用技術の深化と理論に登場するパラメータの信頼性向上の努力が当面必要だと思う。