

課題名 (タイトル) :

Developments and application of Continuum^{スタ} Discretized Coupled Channels Approach

利用者氏名 : ○青木 保夫*、小沢 顕**

所属 : *和光研究所 仁科加速器センター 櫻井 R I 物理研究室

**和光研究所 仁科加速器センター 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

弱束縛、特に不安定原子核を入射粒子とする原子核反応機構を記述する手法として Continuum Discretized Coupled Channels (CDCC) 法が提案され、主に重陽子や軽いリチウム核により誘起される原子核反応の記述に使用されてから久しい。ここでは、理研で行われている不安定原子核を入射粒子とする反応に適用すべく、新規にプログラムを開発し、このプログラムを用いて、データ解析をする事を目的とする。理研での実験の特徴として、入射エネルギーが高い、入射粒子の質量がこれまでの例よりも大きいという特徴がある。これらの特徴に対処するために、新規に開発されたプログラムでは 非常に広い数値範囲で動作させる必要があった。

2. 具体的な利用内容、計算方法

CDCC 法は、三体問題的な散乱問題に対するシュレーディンガー方程式を実験に合致した境界条件に合わせて解く事が最初の仕事である。次には、上記散乱問題の解として得られた S 行列要素を用いて、実験的に得られた各種の物理量に変換するという二種類の計算に分割される。第 1 の過程は、6次元の問題であるが、部分波に展開して球面調和関数の直交性を用いて 2次元の問題の和に変換する。その後、1次元に関しては、ポテンシャル問題を解きこの波動関数を用いてポテンシャルの残りの部分の行列要素を計算する。次に、この行列要素をポテンシャルとする多数の連立二階微分方程式を解き、 S 行列要素を計算する。

S 行列を観測される物理量に変換する過程は、物理量に依存する。ここでは、二つの粒子が特定の方向に、特定のエネルギーで散乱される確率 (三重微分断面積) をまず計算する。更に、一方の粒子の放出方向を検出しない場合、即ちこの放出方向に関して二次元積分をして、一つの粒子の放出方向を特定したときの運動量スペクトルに変換する。更にこの運動量スペクトルを

実験的な角度の広がりに関して空間積分して、実験値と比較する事が出来る。

3. 結果

ある程度、計算負荷を減らした場合を対象としたプログラム開発は、平成 20 年度で完成したことにした。この結果は、以下のホームページに公開し、昨年度の 3 月末日に国内研究者を理研に招き、mini-symposium を行った。

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

プログラム公開が呼び水となり、九州大学で開発されたプログラムも公開された。

上記 2 : で記述した多数の連立二階微分方程式を解くのに非常に多くの計算資源を必要とする。大規模な計算を実行する時、ricc SE の助言を受け bulkjob を利用する事とした。この為のプログラムの変更を行い、それなりの経験を積んだ後で、本計算を実行した。現在、一つのポテンシャルを仮定した時の、連立方程式がほぼ解けた段階である。

4. まとめ

CDCC 法のプログラムを用いた本格的計算の準備が出来、現在このプログラムを用いての S 行列要素の計算を実行中である。

5. 今後の計画・展望

本計算の結果を見て、収束性を確認出来れば $^{23}\text{Al}+^{12}\text{C}$ 反応で 0 度方向に放出される ^{22}Mg 核の運動量分布を計算し、実験値と比較する。予備的な計算から、それなりに説得力がある計算結果がえられるものと期待している。

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

先に述べた、非常に広い範囲の数値に対応する各種の副プログラムの開発とこれらの副プログラムの結合は主に、手元の高性能 PC と標準的な FORTRAN90 COMPILER

平成 22 年度 RICC 利用報告書

を用いて行った。当初の RICC 利用では、並列計算を行うべく各種の工夫をしていたが、特定の部分波は単一の CPU を用いて計算出来るようにプログラムを改造した。これにより bulkjob 概念と整合性がとれ、横の CPU とは独立の計算が実行できるので、計算効率が大きく向上した。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

簡易利用に付き、この部分には回答不要。

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

複数 CPU 利用法がはっきりと理解出来なかったために、bulkjob 利用にたどり着くのに回り道をした。計算に多大な CPU 資源を必用とした。パリティーと角運動量を特定した一つの連立微分方程式を解くのに、約 40 時間を必要とする。

平成 22 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

【国際会議などの予稿集、proceeding】

【国際会議、学会などでの口頭発表】

- 1) 小沢顕、重イオン用 CDCC による不安定核からの破砕片運動量分布の解析
「日本物理学会 第 65 回年次大会」
2010, 3/20~23、岡山市、岡山大学津島キャンパス
- 2) 小沢顕、HCTAK を使った計算の例
「重イオン用 CDCC に関するワークショップ」
2010, 3/31、和光市、理研
- 3) 青木保夫、重イオン用 CDCC (HCTAK) に関して
「重イオン用 CDCC に関するワークショップ」
2010, 3/31、和光市、理研
- 4) 小沢顕、重イオン用 CDCC (HCTAK) による不安定核破砕片の運動量分布の解析
「核反応研究会」
2010, 8/2~4、茨木市、大阪大学核物理研究センター
- 5) 青木保夫、重イオン用 CDCC (HCTAK) の概要と今後
「核反応研究会」
2010, 8/2~4、茨木市、大阪大学核物理研究センター

【その他】