

TDHF 計算による核子移行反応の記述

筑波大物理^A, 筑波大計算セ^B ○ 関澤 一之^A, 矢花 一浩^{A,B}

我々は量子多体系で実現される構造・ダイナミクスを微視的に記述し、定量的に理解することを目指している。本研究では、時間依存 Hartree-Fock 法 (TDHF) を用いた原子核衝突に伴う核子移行反応の解析を行うことで、量子多体系のダイナミクスを微視的に理解することを試みる。

TDHF 計算による原子核衝突の研究は 1970 年代から行われ、現在では計算機の発達に伴い、対称性を全く課さない三次元実空間の計算を実行できるようになった。これまでの TDHF を用いた研究では、主に核融合反応や深部非弾性散乱等、Coulomb 障壁に比べ高い入射エネルギーの衝突に伴う、終状態を特定しない平均化された量についての計算がなされてきた。これに対し、TDHF 計算によって核子移行反応確率を計算するためには、ある衝突径数の衝突に対し、移行核子数毎の反応確率を求める必要がある。

従来、多価イオン衝突に伴う電子移行反応に対し、反応確率を計算する方法が知られている [1,2]。しかし、この方法は 2^N (N は全粒子数) に比例して計算コストが増大してしまうため、この方法を原子核衝突に対して適用した詳しい研究はなされてこなかった。一方、ごく最近、C. Simenel によって粒子数射影演算子を用いた方法が提案された [3]。両者は解析的に等価であるのだが、後者の方が圧倒的に計算コストが少なく、これにより TDHF 計算により重イオン衝突に伴う核子移行反応確率を現実的計算コストで実行することが可能となった。TDHF 計算によって Coulomb 障壁近傍の入射エネルギーによる原子核衝突に伴う多核子移行反応が定量的に記述できるかどうかは、TDHF が核反応機構に関するパラメータを一切含んでいないということもあり、自明ではない。そこで我々は、実験的に多核子移行反応が観測されている $E_{\text{lab}} = 170$ [MeV] の $^{40}\text{Ca} + ^{124}\text{Sn}$ の原子核衝突の TDHF 計算を実行し、得られた終状態の波動関数に対し粒子数射影の方法を適用することによって核子移行反応の断面積を求め、実験値との比較を行った。

本公演では、まず、終状態の多体の波動関数から移行核子数毎の反応確率を計算する方法を紹介する。そして、その方法を TDHF 計算によって求められた終状態の波動関数に適用し、得られた核子移行反応断面積と実験値との比較を行い、それらの結果について議論する。

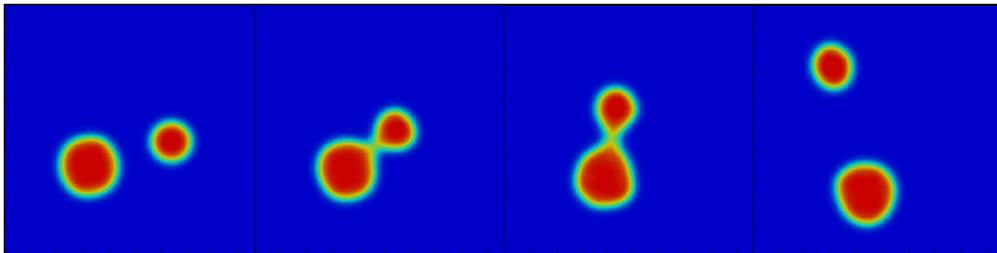


図 1 $^{40}\text{Ca} + ^{124}\text{Sn}$ 原子核衝突の TDHF 計算における密度分布の時間発展の様子 (xy 平面, 重心系, 左からそれぞれ $t = 0, 20, 40, 100$ [fm/c])

参考文献

- [1] H J Lüdde and R M Dreizler, J. Phys. B 16, 3973 (1983).
- [2] R. Nagano, K. Yabana, T. Tazawa, and Y. Abe, Phys. Rev. A, 62, 062721 (2000).
- [3] C. Simenel, Phys. Rev. Lett. 105, 192701 (2010).