

4次元ランジュバン模型を用いた核分裂の研究 核分裂片の励起エネルギーと即発中性子多重度

Fission study using four-dimensional Langevin model

Excitation energy of fission fragments and prompt neutron multiplicity

*張 旋¹, 石塚 知香子¹, 稲倉 恒法¹, イワニユク フェディエール², 千葉 敏¹

¹東工大, ²キエフ原子核研究所

4次元ランジュバン計算の結果を拘束条件付き密度汎関数理論に接続することで核分裂片の変形エネルギー及び励起エネルギーを推定し、Hauser-Feshbach理論を用いて即発中性子多重度を計算した。

キーワード: 核データ、核分裂、ランジュバン模型、変形エネルギー、即発中性子多重度、密度汎関数理論

1. 緒言

核分裂片から放出される即発中性子の多重度は、連鎖反応の維持可能性を推定するために必要なデータである。また、即発中性子数の質量数依存性は核種によらず鋸歯構造を持つことが実験的に知られており、その起源の解明は核分裂研究の観点からも重要である。これまでに我々が開発した4次元ランジュバン模型^[1]を用いて個々の核分裂片の四重極及び八重極モーメントを計算した結果、ウラン領域核では四重極モーメントの核分裂片質量数依存性は即発中性子の鋸歯構造と非常に似た構造を示すことが分かっていた。

2. 計算方法

本研究では、4次元ランジュバンを用いて²³⁶U(n,²³⁵U系)の励起エネルギー10MeVにおける核分裂の計算を行った。計算では二中心模型により表現した原子核形状に対して、巨視的・微視的手法により自由エネルギーを計算し、殻補正の温度依存性を考慮した^[2]。輸送係数は巨視的な流体模型により計算した。断裂直後の二つの分裂片のシャープカットな形状を直接用いてそれぞれの四重極モーメント Q_{20} と八重極モーメント Q_{30} を計算し分裂片の質量数毎の平均値を求めた。次にHartree-Fock-Bogoliubov法に基づくコードHFBTHO^[3]を用いて、有限温度の密度汎関数理論により平均の Q_{20} 、 Q_{30} を拘束条件として変形エネルギーを求め、分裂片の持つ変形振動のエネルギーを加えて励起エネルギーを推定した。更にHauser-Feshbach理論^[4]を用いて即発中性子多重度 ν_p を求めた。

3. 結果

計算した即発中性子多重度 ν_p 及びMuellerによる実験結果^[5]を併せて図1に示した。青四角の計算値は軽い分裂片において計算結果は実験とほぼ一致するが、重い分裂片において実験より高くなっていた。これは4次元ランジュバンとHFBTHOが異なる模型に基づくことに加え、ランジュバン模型が重い分裂片の Q_{30} を過大評価したためと考えられる。その影響を考慮し重い分裂片の Q_{30} の値を半分にした結果(赤丸)は実験結果と上手く一致した。今後、他の系でも同様な計算を試みる予定である。

参考文献

- [1] Chikako Ishizuka et al., Phys. Rev. C 96, 064616 (2017).
- [2] F.A. Ivanyuk et al., Phys. Rev. C 97, 054331 (2018).
- [3] M.V. Stoitsov et al., Comput. Phys. Commun. 184, 1592 (2013).
- [4] S. Okumura et al., J. Nucl. Sci. Tech. 55, 1009 (2018).
- [5] R. Mueller et al., Phys. Rev. C 29, 885 (1984).

*Xuan Zhang¹, Chikako Ishizuka¹, Tsunenori Inakura¹, Fedir Ivanyuk², Satoshi Chiba¹

¹Tokyo Tech, ²Kiev Institute for Nuclear Research

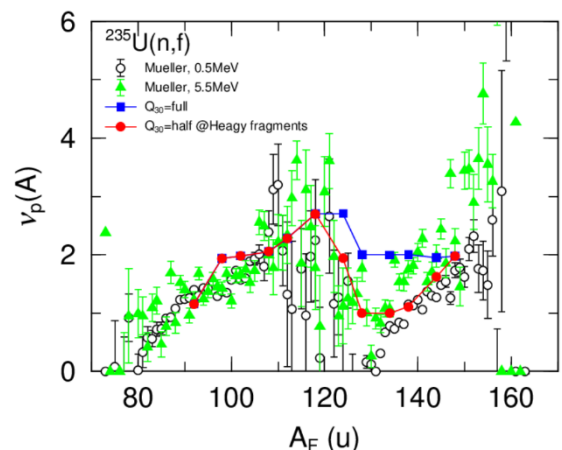


図1 即発中性子多重度の質量数依存性