

原子核殻補正の温度依存性

Temperature dependence of the nuclear shell corrections

*千葉 敏^{1,2}, Fedir Ivanyuk^{1,3}, 石塚 知香子¹, Mark Dennis Usang^{1,4}

¹東工大, ²国立天文台, ³Institute of Nuclear Research, ⁴Malaysian Nuclear Agency

原子核の殻補正は励起エネルギーと共に原子核の殻構造がどのように変化するかを表す量であり、ランジュバン模型などでも用いられる重要な量である。これまでは Ignatyuk の準位密度公式から示唆される単純な指数関数型の励起エネルギー依存性が用いられてきたが、本研究では温度依存の殻補正を直接計算することにより、それが正しくないことを示し、またエネルギー及び自由エネルギーに対する殻補正を求めた。

キーワード：核分裂、ランジュバン計算、殻補正の温度依存性、対相関、自由エネルギー、断裂点模型、質量数分布

1. 緒言

当グループではランジュバン模型に基づく核分裂機構の研究を継続してきたが、結果に大きな影響を与える殻補正の温度、すなわち励起エネルギー依存性についての新たな知見が得られたので発表する。

2. 計算方法

まず、ランジュバン模型は温度 T の熱平衡において定式化されているため、ドライブ力としてはポテンシャルエネルギー V (内部エネルギー) ではなくヘルムホルツの自由エネルギー F を用いることが適切であることを示す。次に、巨視的微視的模型による V 及び F に対する計算における殻補正の温度依存性を計算する。 V と F の関係は $F = V - TS$ であり、 F の計算のためにはエントロピー S の計算も必要になる。これらを二中心 Woods-Saxon ポテンシャルを用いて有限温度で求めた[1]。

3. 結果

F に対する殻補正の温度依存性を図 1 の実線に示す。縦軸は $T=0$ における shell 効果のみによる殻補正に対する (shell+pairing) 効果による殻補正の比を示す。これまで用いてきた指数関数型のダンピング因子 (破線) に比べて低温領域で殻補正がほぼ一定であり、0.6MeV 程度から急に小さくなることが分かった。これはクーバー対が壊れるまでは shell 効果と pairing 効果が逆位相で働くために両者の和が一定となるためであり、一方、離対温度以上で急激に shell 効果がダンピングすることを示している。破線の場合と実線の場合の核分裂片の質量数分布を断裂点模型により 1st チャンス核分裂に対して計算した結果を図 2 にそれぞれ同じ線種で示す。これまでのダンピング因子を用いると励起エネルギーが 30MeV を超えると全く殻効果がなくなり、結果は一山になり (破線) 実験値を再現できない。一方、本研究で導かれた殻補正を用いると、50MeV 程度までは 1st チャンス核分裂が殻効果による二山分布構造を保持することが分かった (実線) [1]。この結果は核分裂機構の解析に殻効果の温度依存性を正しく考慮することの重要性を明確に示している。詳細は当日説明する。

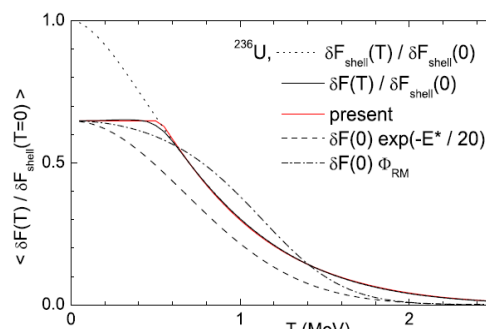


図 1 殻補正の温度依存性

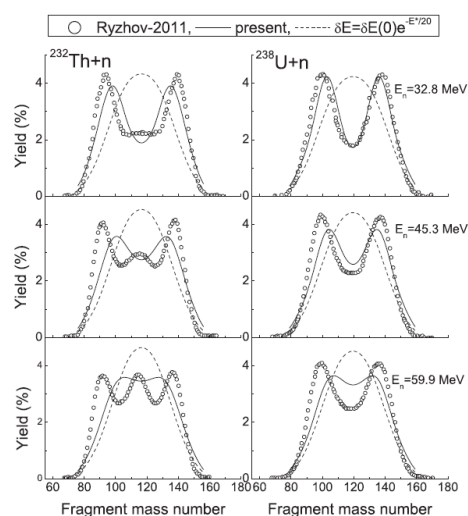


図 2 新たに提案する殻補正手法及び従来の手法に基づく核分裂生成物の質量数分布の比較 (実線及び破線)

参考文献

[1] F.A.Ivanyuk, C.Ishizuka, M.D.Usang and S.Chiba, Phys. Rev. C97, 054331(2018)

*Satoshi Chiba^{1,2}, F.A. Ivanyuk^{1,3}, C. Ishizuka¹ and M.D.Usang^{1,4}

¹Tokyo Tech., ²National Astronomical Observatory of Japan, ³Institute of Nuclear Research, ⁴Malaysian Nuclear Agency