Определение астрофизического S-фактора в области малых энергий взаимодействия ядер, в рамках потенциального подхода.

Friday 4 July 2025 11:20 (20 minutes)

В работе рассмотрен метод экстраполяции астрофизического S-фактора в области малых энергий вблизи гаммовского окна на примере реакции слияния ядер кислорода и углерода. Несмотря на важность изучения таких процессов для понимания эволюции массивных звезд, на сегодняшний день существует довольно ограниченный набор экспериментальных данных в этой области энергий, причем зачастую эти данные имеют противоречивый характер [1,2]. К тому же недавно обнаруженное подавление сечения слияния в глубоко подбарьерной области выявило необходимость модификации существующих теоретических моделей [3]. Дополнительную неопределенность вносит многопараметрический характер большинства подходов, связанных с вычислением S-фактора в области малых энергий. Таким образом, имеется необходимость в рассмотрении простых методов, позволяющих описывать поведение сечения малым числом свободных параметров. В данной ситуации оптимальным выбором является модель с комплексным прямоугольным потенциалом. Она получила хорошее теоретическое обоснование [4] и продемонстрировала высокую эффективность при описании функций возбуждения для реакций слияния в широком диапазоне масс сталкивающихся ядер [5]. С другой стороны, попытки экстраполяции астрофизического S-фактора связаны с переходом к величине S^* -фактора, учитывающего второй порядок в описании коэффициента проницаемости, что приводит к появлению множителя вида $\exp(-gE)$, где E — энергия взаимодействия, а параметр g связан с радиусом прямоугольной ямы. Несмотря на простоту данного метода, сегодня он применяется, в основном, при описании ядерной реакции $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$. В то же время, используемый в работе [5] подход позволяет естественным образом провести систематику величины g и для других ядер, важных с точки зрения астрофизики.

В работе рассмотрен случай экстраполяции S^* -фактора, полученного в рамках потенциального подхода, в область энергий, соответствующих температурам в массивных звездах и проведено сравнение полученных результатов с имеющимися на сегодняшний день моделями и экспериментальными данными [6].

1. A. Tumino, C. Spitaleri, M. La Cognata et al. An increase in the $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ fusion rate from resonances at astrophysical energies, *Nature* 557, 687 (2018).
2. A. M. Mukhamedzhanov, D. Y. Pang, and A. S. Kadyrov, Astrophysical factors of $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ fusion extracted using the trojan horse method, *Phys. Rev. C* 99, 064618 (2019).
3. C.L. Jiang, B.B. Back, K.E. Rehm, et al. Heavy-ion fusion reactions at extreme sub-barrier energies. *Eur. Phys. J. A* 57, 235 (2021).
4. R. Ogura, K. Hagino, C. A. Bertulani Potential model for nuclear astrophysical fusion reactions with a square-well potential *Phys. Rev. C* 99, 065808 (2019).
5. S. Y. Torilov, N.A. Maltsev, V.I. Zhrebchevsky Astrophysical S-Factor in the Model of a Square Potential Well *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* 87, 1217 (2023).
6. M. Wiescher, C. A. Bertulani, C. R. Brune et al, *Quantum physics of stars Rev. Mod. Phys.* Accepted 7 February, 2025

Primary authors: ВИГЕР, Валерия (Санкт-Петербургский государственный университет); ТОРИЛОВ, Сергей (Санкт-Петербургский государственный университет); МАЛЬЦЕВ, Николай (Санкт-Петербургский государственный университет); ЖЕРЕБЧЕВСКИЙ, Владимир (Санкт-Петербургский государственный университет)

Presenter: ВИГЕР, Валерия (Санкт-Петербургский государственный университет)

Session Classification: 5. Physics of neutrino and nuclear astrophysics

Track Classification: Section 5. Physics of neutrino and nuclear astrophysics.