

Об'ємна та поверхнева енергія симетрії для ядер віддалених від долини стабільності

В.М. Коломієць, А.І. Санжур

Інститут ядерних досліджень НАН України

Енергія ізотопічної симетрії ядра E_{sym} є одним із ключових елементів емпіричної масової формули, який визначає як лінію β -стабільності ядер, так і динамічні характеристики ізовекторних збурень поблизу рівноважного стану ядер. Для чисельного розрахунку величини E_{sym} ми застосували прямий варіаційний метод, в якому в якості пробних функцій для густини нуклонів ρ_q (q -ізотопічний індекс) використані функції Фермі із варійованими параметрами густини нуклонів в центрі ядра $\rho_{q,0}$ та радіусу розподілу нуклонів R_q (параметр дифузності $a = 0.5 fm$ вважався фіксованим). В якості функціонала густини енергії був використаний функціонал енергії наближення Томаса-Фермі із ефективними силами Скірма SkM*.

Енергія ізотопічної симетрії E_{sym} містить об'ємну ($\sim b_{vol}$) і поверхневу ($\sim b_{surf}$) складові $E_{sym} = [(N - Z) / A]^2 [A \cdot b_{vol} - A^{2/3} \cdot b_{surf}]$. Нами обраховані величини b_{vol} та b_{surf} для ряду сферичних ядер вздовж лінії β -стабільності, які добре узгоджуються із відповідними величинами із емпіричної масової формули. Для розв'язання багатьох сучасних проблем фізики зіткнення важких іонів (ізотопічний скейлінг, мультифрагментація ядер з вильотом асиметричних кластерів, ізотопічна нестабільність ядер при високих температурах) важливим є встановлення рівняння стану для енергії симетрії E_{sym} , тобто її залежності від густини нуклонів, параметру ізотопічної асиметрії $X = (N - Z) / A$, температури, тощо. Ми дослідили поведінку величин b_{vol} та b_{surf} в залежності від густини нуклонів в центрі ядра $\rho_{q,0}$ (при фіксованому масовому числі A) та при зростанні нейтронного надлишку (при фіксованому числі протонів Z) для ядер віддалених від долини стабільності. Нами обраховано також середнє число нейтронів N_t в поверхневій області ядра для ядер розташованих на лінії β -стабільності та залежність величини N_t від густини нуклонів $\rho_{q,0}$ та від віддаленості від долини стабільності. Останнє може бути використане для пошуку специфічних мод збудження важких ядер та ядерної матерії, пов'язаних із звуковими коливаннями в нейтронній фермі-рідині.

Використовуючи лептодермічний розклад повної енергії ядра по малому параметру a / R_q та відповідні варіаційні умови для її розрахунку, нами встановлені деякі загальні співвідношення між рівноважними характеристиками ядра. Так нами виявлено існування зв'язку між товщиною поверхневого шару нейтронів t і параметром ізотопічної асиметрії, а саме $t = const \cdot aX$. Це співвідношення означає, що при відсутності дифузності поверхні, $a = 0$, поверхневий шар нейтронів не може бути створений навіть при значному надлишку нейтронів, $X > 0$, в ядрі.