

Коллективна динаміка нагрітих ядер з врахуванням нестисливості ядерної матерії

В.П. Альошин

Інститут ядерних досліджень, Київ

Як відомо, колективний рух в нагрітих ядрах описується за допомогою параметра деформації форми ядра q , який задовільняє динамічному рівнянню

$$M_q \frac{d^2 q}{dt^2} = -\frac{\partial}{\partial q} E_q - \gamma_q \frac{dq}{dt}, \quad (1)$$

де M_q - масовий параметр, E_q - енергія деформації, γ_q - коефіцієнт тертя. Біля 30 років тому була поставлена задача вивести рівняння (1) в рамках статистичної механіки і оболонкової моделі ядра і отримати таким чином явні вирази для величин M_q , E_q та γ_q через величини притаманні оболонковій моделі деформованих ядер та середню довжину вільного пробігу нуклонів в нагрітому ядрі.

Отже, ввівши статистичний оператор системи $\rho_t = \rho(r, p; t)$, де r , p координати та імпульси нуклонів, і розглядаючи повний гамільтоніан ядра як функцію параметра q : $H = H(r, p; q)$, для виведення рівняння (1) було запропоновано скористатись рівняннями

$$\begin{aligned} \partial \langle H \rangle_t / \partial t &= 0, \\ \langle H \rangle_t &= (2\pi)^{-3A} \int' dr dp H(r, p; q) \rho(r, p, t), \end{aligned}$$

які відображають збереження енергії. Після цього задача звелась до вирішення рівняння Ліувіля для $\rho(r, p; t)$, що і було зроблено в рамках припущення про те, що зміна $H(r, p; q)$ при зміні q призводить лише до невеликих відхилень системи від рівноважного стану із заданою температурою при фіксованій формі ядра.

Потрібно зауважити, що результати означеного підходу до колективної динаміки не можна вважати задовільними: хоча мікроскопічний вираз для E_q співпадає із загально відомими, але M_q та γ_q не співпадають або лише частково переходять при відповідних спрощеннях в евристичні формули, отримані в більш простих моделях. Це свідчить про те, що означений підхід до колективної динаміки все ще не враховує деяких особливостей ядра. Як показує прискіпливий аналіз, такою особливістю є нестисливість ядерної матерії, завдяки якій деформація поверхні ядра призводить до потоків маси всередині ядра. Це означає, що рішення рівняння Ліувіля потребує перегляду з врахуванням того, що статистичний оператор має залежити від поля швикості ядерної речовини $\mathbf{u}(\mathbf{r})$.

Саме така ревізія і зроблена в даній роботі, для чого ми скористались методом нерівноважного статистичного оператора Зубарева, який є найбільш загальним методом мікроскопічного опису незворотніх процесів в макроскопічних системах. В результаті цього E_q не змінилось, але мікроскопічні вирази для M_q та γ_q стали іншими. В доповіді наведемо не лише ці вирази, але й відповідні числові розрахунки та їх порівняння із попередніми підходами та з даними експерименту. Для перевірки ядерної нестисливості наводимо результати мікроскопічних розрахунків ядерної густини при зміні форми ядра. Результати цих досліджень частково опубліковані в роботі [1].

1. Aleshin V. P. Nonequilibrium statistical-operator theory of nuclear dissipation // Nucl. Phys. – 2007. – Vol. A781. – P. 363 – 386.