

ОПИС ВЗАЄМОДІЇ ІЗОТОПІВ КАРБОНУ ПРИ ЕНЕРГІЇ 93 МЕВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНО ЗАЛЕЖНИХ ОПТИЧНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ

І.І. Вертегел¹, В.В. Улещенко¹, С.Ю. Межевич¹, К. Кемпер³, О. А. Понкратенко¹, К. Русек²,
А.А. Рудчик¹, Ю.М. Степаненко¹, А. Тщінска², Ю.О. Ширма¹

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Лабораторія важких іонів Варшавського університету, Варшава, Польща

³ Університет штату Флорида, Таллахассі, США

На сьогоднішній день потенціал ядро-ядерної взаємодії ще не може бути точно і однозначно розрахованим із перших принципів. Традиційним є феноменологічний підхід, коли параметри оптичного потенціалу визначаються з аналізу експериментальних даних для взаємодії визначеної пари ядер при визначеній енергії, перш за все диференціальних перерізів пружного розсіяння. В той самий час для встановлення систематичних залежностей параметрів потенціалів від енергії та від мас взаємодіючих ядер необхідно проводити аналіз великих масивів даних в рамках одного підходу, а також перевірки виявлених залежностей в нових експериментах.

Експериментальні дані з пружного розсіяння, а також однейтронної передачі при взаємодії іонів ^{13}C з ідентичними ядрами ^{13}C при енергії пучка 93 МеВ були поміряні на циклотроні С-200Р Варшавського університету (варто відмітити, що енергія зіткнення після зроблених попередніх повідомлень [1,2] була уточнена). Аналіз даних в рамках оптичної моделі та методу зв'язаних каналів реакцій виконувався з використанням двох типів потенціалів: об'ємного форм-фактора типу Вудса-Саксона (WS), а також опертого на потенціал подвійної згортки (DF) з прямою і обмінною компонентами з нормувальними і масштабними множниками для дійсної та уявної частин.

$$U(r) = N_R t_R^3 V_{DF}(t_R r) + i \cdot N_I t_I^3 V_{DF}(t_I r) , \quad (1)$$

З огляду на відсутність експериментальних даних про взаємодію $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ при енергіях вище 50 МеВ, відправною точкою для отримання параметрів потенціалів стало вивчення взаємодії інших пар ізоотопів карбону $^{12}\text{C} + ^{13}\text{C}$ та $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$. Енергетично залежний WS-потенціал для взаємодії в системі $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ з роботи [3] було застосовано для аналізу своїх, а також літературних експериментальних пружного розсіяння $^{13}\text{C} + ^{12}\text{C}$ в діапазоні енергій $E_{с.ц.м.} = 28,8 \div 66,14$ МеВ. Виявилось, що дана параметризація після обов'язкового врахування змін геометричних розмірів взаємодіючих ядер, що виражається у множнику $A_P^{1/3} + A_T^{1/3}$ для параметра радіуса, вимагає досить незначних змін для задовільного опису даних. Після цього така, трішки скоригована, параметризація була застосована для опису даних пружного розсіяння $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ при енергії $E_{лаб.} = 93$ МеВ. Виявилось, що непоганий опис даних досягається зовсім без змін параметрів енергетично-залежного потенціалу (див. Рис.1).

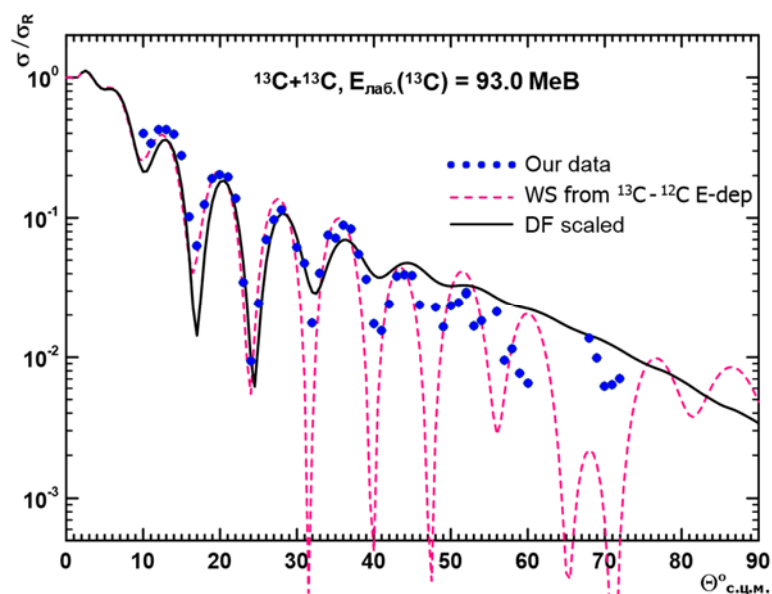


Рис. 1. Диференціальний переріз пружного розсіяння $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ при енергії $E_{лаб.} = 93$ МеВ.

Подібним чином енергетична залежність параметрів DF-потенціалу (1) визначалась з аналізу розсіювання $^{12}\text{C} + ^{13}\text{C}$, а потім параметри, відповідні енергії 93 МеВ, були підставлені у формулу (1) з густинами ядер $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$. Тут результат виявився трішки гіршим і невеликі зміни змогли запевнити порівняний опис даних в найбільш передній області кутів $\theta < 40\text{-}50^\circ$. (див. Рис.1).

Отримані потенціали обох типів були також застосовані до опису взаємодії $^{12}\text{C} + ^{14}\text{C}$ у вихідному каналі реакції передачі нейтрона $^{13}\text{C}(^{13}\text{C}, ^{14}\text{C})^{12}\text{C}$ у рамках методу зв'язаних каналів реакцій, і результат виявився задовільним у обох випадках.

Таким чином можна прийти до висновку що взаємодія ядер ^{13}C з ядрами ^{13}C при енергії 93 МеВ, а також взаємодія в системі $^{12}\text{C} + ^{14}\text{C}$ при даній енергії задовільно описується енергетично залежними потенціалами, побудованими для опису даних розсіювання у системі близьких ізотопів $^{12}\text{C} + ^{13}\text{C}$ у діапазоні енергій 55 ÷ 130 МеВ. Масова залежність потенціалу взаємодії ізотопів карбону $^{12,13,14}\text{C}$ у різних комбінаціях при енергії 93 МеВ загалом описується геометричним множником $A_P^{1/3} + A_T^{1/3}$ і не вимагає додаткової явної залежності параметрів. Перевірка опису взаємодії в системах $^{13}\text{C} + ^{13}\text{C}$ та $^{12}\text{C} + ^{14}\text{C}$ при інших значеннях енергії з даного діапазону вимагає проведення відповідних експериментальних вимірювань.

1. І.І. Вертегел та ін, Тези доповідей XXXI щорічної наукової конференції ІЯД НАН України. Київ, 27 - 31 травня 2024 року. С. 52.
2. О.А. Ponkratenko et al., Book of Abstracts of the conference “Nuclear Physics in Transcarpathia” May 21-23, 2024, Ужгород 2024.
3. М. Е. Brandan et al., Phys. Rev. C 41, (1990) 1520.