

**МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ
МОЛОДИХ УЧЕНИХ І АСПІРАНТІВ**

Інститут електронної фізики НАН України

ІЕФ-2015

Ужгород, 18–22 травня 2015

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



**INTERNATIONAL CONFERENCE
OF YOUNG SCIENTISTS AND POST-GRADUATES**

Institute of Electron Physics, Ukr. Nat. Acad. Sci.

ІЕР-2015

Uzhhorod, 18–22 May 2015

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ФАЗОВИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ ЗАДАЧ НУКЛОН-НУКЛОННОГО РОЗСІЯННЯ

В.І. Жаба

Ужгородський національний університет, Ужгород
e-mail: viktorzh@meta.ua

Математично метод фазових функцій (МФФ) - це особливий спосіб розв'язку одиночного радіального рівняння Шредінгера, яке є лінійним диференціальним рівнянням другого порядку. Він досить зручний для отримання фаз розсіяння, оскільки по цьому методу не потрібно спочатку обчислювати в широкій області радіальні хвильові функції задачі розсіяння і потім по їх асимптотикам знаходити ці фази. МФФ полягає в переході від рівняння Шредінгера до рівняння для фазової функції. Із цією метою вводять у розгляд дві нові функції $\delta_l(r)$ і $A_l(r)$ наступним чином [1]:

$$u_l(r) = A_l(r) [\cos \delta_l(r) \cdot j_l(kr) - \sin \delta_l(r) \cdot n_l(kr)], \quad (1)$$

де $j_l(kr)$ і $n_l(kr)$ - функції Ріккати-Бесселя, $k = \sqrt{2mE}/\hbar$ - хвильове число.

Введені таким чином функції $\delta_l(r)$ і $A_l(r)$ мають зміст відповідних фаз розсіяння і нормувальних констант (амплітуд) хвильових функцій для розсіяння на визначеній послідовності обрізаних потенціалів. Функції $\delta_l(r)$ і $A_l(r)$ називаються відповідно їх фізичному змісту фазовою функцією й амплітудною функцією. Термін "фазова функція" вперше був використаний у роботі Морзе і Алліса [2].

Рівняння для фазової функції $\delta_l(r)$ з початковою умовою:

$$\frac{d\delta_l(r)}{dr} = -\frac{1}{k} U(r) [\cos \delta_l(r) \cdot j_l(kr) - \sin \delta_l(r) \cdot n_l(kr)]^2, \quad \delta_l(0) = 0. \quad (2)$$

Відмітимо, що рівняння для фазової функції не залежить від амплітудної функції $A_l(r)$. Це має глибокий фізичний зміст і пов'язане з тією обставиною, що нормування хвильової функції (1) несуттєве в задачах розсіяння, а також в задачах пошуку енергії зв'язаних станів [1]. Таким чином, обчислення фази розсіяння при даному потенціалі зводиться до розв'язку задачі з початковими умовами, тобто до задачі Коші для нелінійного диференціального рівняння першого порядку.

Фазове рівняння (2) є основним рівнянням МФФ. Воно було вперше отримано Друкаревим [3], а потім незалежно у роботах Бергмана і Колоджеро. Частинний випадок фазового рівняння (2), який відповідає значенню $l=0$,

$$\frac{d\delta_0(r)}{dr} = -\frac{1}{k} U(r) \sin^2[kr + \delta_0(r)], \quad \delta_0(0) = 0$$

був використаний Морзе і Аллісом при дослідженні задачі S-розсіяння повільних електронів на атомах [2].

За допомогою МФФ чисельно отримано фазові зсуви нуклон-нуклонного розсіяння: nn (1S_0 , 3P_0 , 3P_1 , 1D_2 , 3F_3 - станів), pp (1S_0 , 3P_0 , 3P_1 , 1D_2 - станів) і np (1S_0 , 1P_1 , 3P_0 , 3P_1 , 1D_2 , 3D_2 - станів). Розрахунки проведено для сучасних

реалістичних нуклон-нуклонних потенціалів взаємодії Неймегенської групи (NijmI, NijmII, Nijm93 і Reid93 [4]) і потенціалу Argonne v18 [5]. Розрахунки порівняно з результатами, отриманими іншими методами: для парціального хвильового аналізу (PWA), для потенціалів NijmI, NijmII і Reid93, CD-Bonn і Argonne v18. Відхилення становить не більше 5-10 відсотків. Фазові зсуви знаходились при їх виході на асимптотику при 5-10 Фм.

Доцільним є використання МФФ для знаходження фазових зсувів змішаних станів системи двох нуклонів. Для цього потрібно розв'язувати зв'язану систему рівнянь Шредінгера з тензорним змішуванням:

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dr^2} + \left[k^2 - \frac{J(J-1)}{r^2} - U_1 \right] u = U_3 w, \\ \frac{d^2 w}{dr^2} + \left[k^2 - \frac{(J+2)(J+1)}{r^2} - U_2 \right] w = U_3 u, \end{cases}$$

де потенціали можуть бути записані у виді:

$$U_1 = \frac{2m}{\hbar^2} V_C, \quad U_2 = \frac{2m}{\hbar^2} (V_C - 2V_T - 3V_{LS}), \quad U_3 = \frac{2m}{\hbar^2} \sqrt{8} V_T. \quad (3)$$

Фази відшуковуються згідно параметризацій Мак-Хейла-Телера, Блатта-Біденхарна, Стаппа чи Матвеєнка-Пономарьова-Файфмана.

Проаналізовано переваги і недоліки параметризацій у рамках МФФ для знаходження фазових зсувів змішаних станів системи двох нуклонів. При чисельних розрахунках більш зручними і математично коректними є параметризації Стаппа і Матвеєнка-Пономарьова-Файфмана, оскільки вони не містять виразів, що обертаються у нескінченність.

Згідно параметризації Стаппа чисельно розраховано фазові зсуви і параметр змішування дейтрона при виборі потенціалів у виді (3). Розрахунки проведено для нуклон-нуклонних потенціалів Reid93 і Argonne v18. Порівняння з результатами для інших методів показали, що існує розходження у певних енергетичних областях.

- [1] В.В. Бабилов, Метод фазовых функций в квантовой механике (Наука, Москва, 1988).
- [2] P.M. Morse, W.P. Allis, Phys. Rev. 44, 269 (1933).
- [3] Г.Ф. Друкарев, ЖЭТФ 19, 247 (1949).
- [4] V.G.J. Stoks, R.A.M. Klomp, C.P.F. Terheggen et al., Phys. Rev. C 49, 2950 (1994).
- [5] R.B. Wiringa, V.G.J. Stoks, R. Schiavilla, Phys. Rev. C 51, 38 (1995).