

М. М. Правдивий, І. О. Корж

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

ЗАЛЕЖНІСТЬ НЕЙТРОННОЇ СИЛОВОЇ ФУНКЦІЇ S_0
ВІД МАСОВОГО ЧИСЛА В ОБЛАСТІ $100 < A < 140$

Наведено деякі підсумки проведених раніше досліджень по визначенню повних наборів середніх резонансних параметрів S_0 , S_1 , R'_0 , R'_1 , $S_{1,1/2}$, $S_{1,3/2}$ для ядер $^{47,9}\text{Ti}$, $^{55,8}\text{Fe}$, $^{58,7}\text{Ni}$, $^{65,4}\text{Zn}$, $^{72,6}\text{Ge}$, ^{79}Se , $^{91,2}\text{Zr}$, $^{95,9}\text{Mo}$, $^{101,1}\text{Ru}$, $^{106,4}\text{Pd}$, ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{110}Cd , ^{112}Cd , ^{116}Cd , ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{120}Sn , ^{122}Sn , ^{124}Sn , $^{127,6}\text{Te}$, $^{144,2}\text{Nd}$ та визначено місце отриманих результатів в існуючій системі рекомендованих параметрів. Досліджено залежність силової функції S_0 від масового числа в області $100 < A < 140$.

Ключові слова: резонансні параметри, ядра, рекомендовані параметри.

Вступ

Визначення резонансних параметрів ядер здійснено за допомогою розробленого нами методу з їхньої підгонки до середніх експериментальних диференціальних перерізів пружного розсіяння нейтронів в області енергії 5 - 440 кеВ. У даній роботі підведено деякі підсумки проведених досліджень [1].

Отримані набори параметрів є повними, оскільки вони дають змогу розраховувати диференціальні перерізи. Вони зайняли відповідне місце в існуючій системі рекомендованих параметрів [2] та сприятимуть упорядкуванню їхньої залежності від масового числа та вдосконаленню розрахунків за оптичною моделлю. До цього часу лишилися не вирішеними проблеми в мінімумах залежностей від масового числа A параметрів S_0 і S_1 , особливо в S_0 в області $100 < A < 140$ та в S_1 в області $A \leq 70$. Нижче буде показано роль отриманих нами параметрів у вирішенні цих проблем.

Методика визначення

Розсіяння нейтронів ядрами при енергіях до ~ 450 кеВ здійснюється переважно з орбітальними моментами $l = 0$ і 1 . У цьому випадку диференціальні перерізи пружного розсіяння можна розкласти за поліномами Лежандра у вигляді

$$\sigma_{el}(\mu) = \frac{\sigma_{el}}{4\pi} \{1 + \omega_1 P_1(\mu) + \omega_2 P_2(\mu)\}, \quad (1)$$

де $\mu = \cos\theta$; θ – кут розсіяння; σ_{el} – інтегральний переріз пружного розсіяння; P_l – поліноми Лежандра; ω_1 і ω_2 – коефіцієнти розкладу диференціальних перерізів. За умови $\sigma_t \approx \sigma_{el}$ для парно-парних ядер отримано такі вирази для коефіцієнтів розкладу:

$$\omega_1 = \frac{6\pi\lambda^2}{\sigma_{el}} (1 - \eta_{0\text{Re}} - \eta_{1\text{Re}} + \eta_{0\text{Re}} \cdot \eta_{1\text{Re}} + \eta_{0\text{Im}} \cdot \eta_{1\text{Im}}),$$

$$\omega_2 = \frac{2}{\sigma_{el}} (\sigma_{s1} + \pi\lambda^2 T_{1,3/2}), \quad (2)$$

де $\eta_l = \eta_{l\text{Re}} + i\eta_{l\text{Im}}$ – діагональні елементи середньої матриці розсіяння; σ_{s1} – перерізи потенціального розсіяння нейтронів із $l = 1$; $T_{1,3/2}$ – коефіцієнти проникності для $l = 1$ і $j = 3/2$.

В оптичній моделі перерізи пружного розсіяння σ_{el} для $l = 0$ і 1 складаються з парціальних перерізів компаундного і потенціального розсіяння $\sigma_{el} = \sigma_{c0} + \sigma_{c1} + \sigma_{s0} + \sigma_{s1}$, які виражаються через середні матричні елементи η_l оптичної моделі. У випадку вузьких резонансів ($\Gamma \ll D$) ці перерізи збігаються з відповідними середніми перерізами резонансної теорії. Це дає змогу в рівняннях (1) і (2) величини σ_{el} , ω_1 , ω_2 виразити через середні резонансні параметри і, врешті, отримати зв'язок матричних елементів η_l із ре-

зонансними параметрами. Таким чином, із підгонки розрахованих величин σ_{el} , ω_1 , ω_2 до їхніх експериментальних значень можна визначити параметри S_0 , S_1 , R'_0 , R'_1 , $S_{1,3/2}$, які є параметрами підгонки. Із співвідношення $S_1 = (S_{1,1/2} + 2S_{1,3/2})/3$ можна визначити параметр $S_{1,1/2}$. Для проведення розрахунків було використано відповідну програму підгонки по мінімуму χ^2 . Підгонка здійснювалась одночасно до трьох величин σ_{el} , ω_1 , ω_2 , а контроль по χ^2 можна було спостерігати для кожної величини окремо.

Залежності середніх резонансних параметрів ядер від масового числа

На рис. 1 наведено залежності від масового числа рекомендованих силових функцій S_0 і S_1 та

розрахунки за оптичною моделлю з єдиним набором параметрів оптичного потенціалу [2]. Як видно з рисунка, розрахунки вірно відображають глобальну залежність параметрів від масового числа, хоча в частині параметрів спостерігаються

значні відхилення від них. Особливо це стосується мінімумів їхньої залежності. На сьогодні неможливо однозначно сказати, чи ці відхилення є фізичною реальністю, чи вони обумовлені недосконалістю методів визначення параметрів.

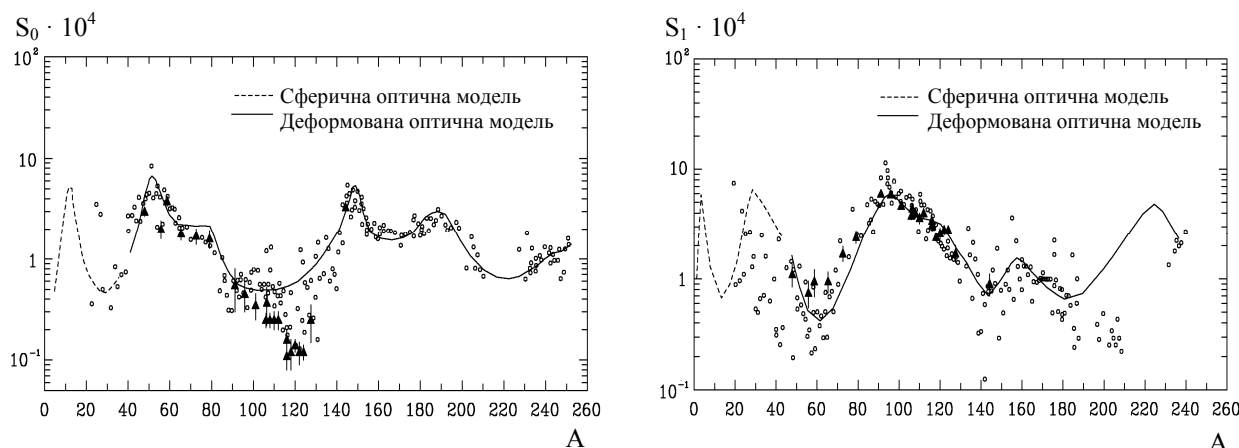


Рис. 1. Залежність силових функцій S_0 і S_1 ядер від масового числа A . Значки: \circ - рекомендовані параметри [2]; \blacktriangle - отримані нами параметри [1]. Криві - розрахунки в рамках сферичної оптичної моделі та деформованої оптичної моделі [2].

На рисунку наведено також силові функції, визначені нами для вказаних вище ядер. Загалом вони узгоджуються з наявними даними. Однак отримані нами величини параметра S_0 для ядер в області $A \sim 100 - 140$ на відміну від рекомендованих не проявляють значного розкиду та більш упорядковано залежать від A . Отримані нами величини параметра S_1 для ядер в області $A \sim 50 - 90$ підтвердили нову тенденцію в залежності від A [2].

Отримані нами величини радіусів потенціального розсіяння R_0' також добре узгоджуються з існуючою залежністю від масового числа [2]. Для параметрів R_1' , $S_{1,1/2}$, $S_{1,3/2}$ через відсутність достатньої кількості даних подібні залежності поки що остаточно не встановлені.

Надійність резонансних параметрів можна перевірити лише шляхом опису середніх нейтронних перерізів. Таку перевірку нами було здійснено для параметрів, рекомендованих для досліджених ядер [2]. Загалом для переважної більшості ядер рекомендовано тільки параметри S_0 , S_1 , R_0' або лише деякі з них. При підгонці вони фіксувались і визначалася решта параметрів із повного набору. Із опису експериментальних перерізів можна зробити висновки щодо достовірності того чи іншого параметра. Таким способом було уточнено величини значної частини рекомендованих параметрів досліджених нами ядер.

Дослідження аномалії в залежності силових функцій S_0 в області $100 < A < 140$

Однією з важливих проблем резонансних параметрів лишається невизначеність величин па-

раметра S_0 у цій області, що заважає вдосконаленню теоретичних розрахунків. У значній мірі це обумовлено аномально різким зменшенням величини S_0 із ростом A в ланцюжках ізотопів ядер кадмію, олова і телуру. Наприклад, для ізотопів кадмію рекомендовані величини параметра S_0 зменшуються від 1,20 у ^{106}Cd до 0,18 у ^{116}Cd [2] (далі силові функції – в одиницях 10^{-4} , радіуси потенціального розсіяння – Фм, рекомендовані параметри з позначкою (*) були фіксовані при здійсненні підгонок). Аналогічна картина спостерігається і в ізотопах олова та телуру [2]. Така ситуація виникла давно і до сьогодні не знаходить якогось експериментального підтвердження чи теоретичного обґрунтування. Отримані нами дані для ізотопів кадмію $^{106-116}\text{Cd}$, олова $^{116-124}\text{Sn}$ та інших ядер у цій області загалом плавно залежать від A (див. рис. 1) і нібито вирішують цю проблему. Однак щоб розвіяти сумніви нами було проведено більш детальні дослідження, результати яких наведено нижче.

Кадмій. Результати аналізу для кадмію наведено на рис. 2а. За винятком деяких флуктуацій всі експериментальні дані загалом узгоджуються між собою. Криві 1, 2, 3 – результати розрахунків із параметрами, визначеними з підгонки до експериментальних даних, виміряних для зразка з природним складом ізотопів. У табл. 1 наведено параметри відповідних кривих: 1 – середньозважені параметри (*), отримані нами раніше для ізотопів [6], решта параметрів визначена з підгонки; 2 – рекомендовані параметри, отримані середньозважено з даних для ізотопів [2]; 3 – параметри, рекомендовані для ядра ^{106}Cd [2].

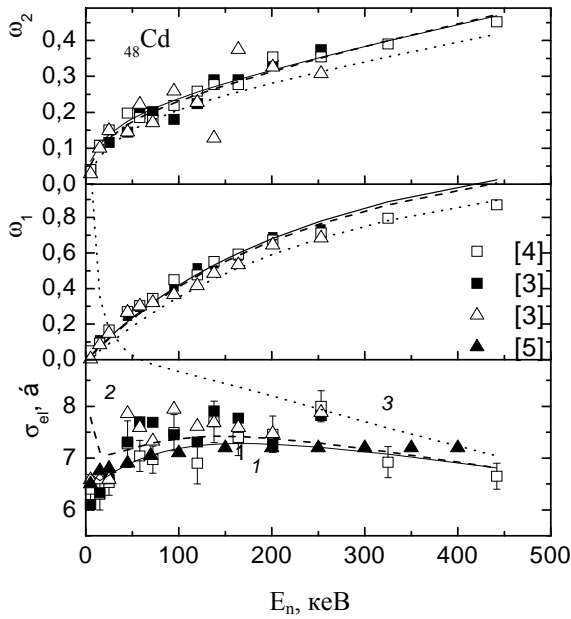


Рис. 2а. Залежність експериментальних величин σ_{el} , ω_1 , ω_2 від енергії: ■ - середньозважені, отримані з даних для ізоотопів [3]; □ - отримані для зразка з природним складом ізоотопів [4]; Δ - отримані для ^{106}Cd [3]; \blacktriangle - повні перерізи σ_t [5], оцінені за версією ENDF/B-V. Криві 1, 2 і 3 - розрахунки з різними наборами резонансних параметрів (див. табл. 1).

Таблиця 1. Параметри, використані в розрахунках для ядер кадмію

Ядро	S_0	S_1	R'_0	R'_1	$S_{1,3/2}$
^{48}Cd (1)	0,23*	3,78*	6,09*	9,1	3,38
^{48}Cd [2] (2)	0,47*	4,28*	5,85*	9,4	3,33
^{106}Cd [2] (3)	1,20*	4,70*	6,33*	8,4	3,80

Для ілюстрації впливу величини кожного параметра на опис перерізів на рис. 2б наведено залежність від енергії інтегральних і парціальних перерізів $\sigma_{el} = \sigma_{c0} + \sigma_{c1} + \sigma_{s0} + \sigma_{s1}$, розрахованих за формулами (1) і (2) з наборами рекомендованих параметрів 2 (нижні криві) і 3 (верхні криві). Видно, що величини парціальних перерізів визначаються величинами відповідних резонансних параметрів. Співставлення перерізів, наведених на рис. 2а і 2б, показує, що основною причиною неузгодження кривої 3 з експериментальними перерізами є завищення величини параметра S_0 . З цієї ж причини крива 2 не узгоджується з експериментальними перерізами на початку діапазону енергії.

Олово. На рис. 3 наведено залежності від енергії експериментальних величин σ_{el} , ω_1 , ω_2 олова та результати розрахунків. Експериментальні дані ядра ^{118}Sn добре узгоджуються з даними, розахованими середньозважено з даних для ізоотопів [4] та з повними перерізами σ_t [5]. Криві 1, 2 і 3 - результати розрахунків із наборами параметрів, наведених у табл. 2.

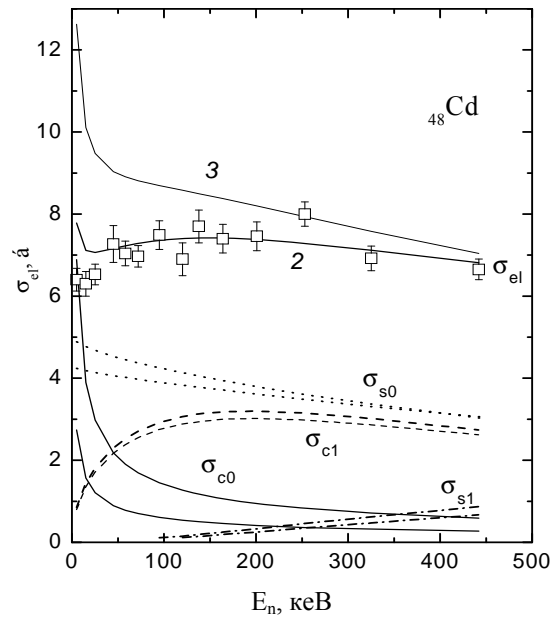


Рис. 2б. Інтегральні і парціальні перерізи $\sigma_{el} = \sigma_{c0} + \sigma_{c1} + \sigma_{s0} + \sigma_{s1}$, розраховані з рекомендованими наборами параметрів 2 і 3 (див. текст).

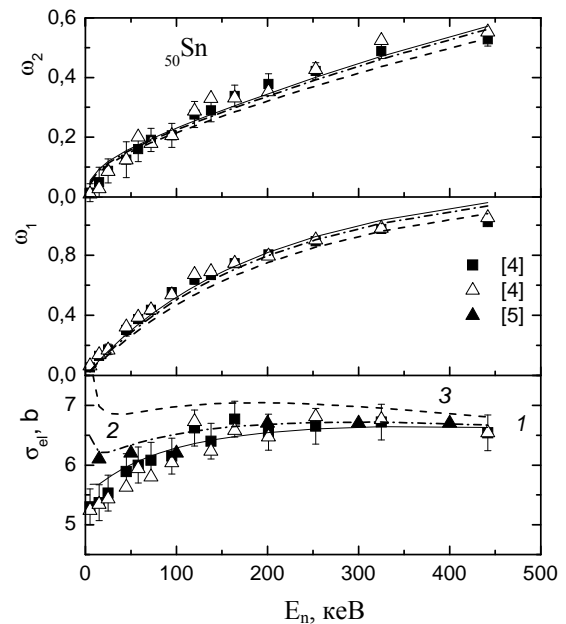


Рис. 3. Те ж саме, що й на рис. 2а, для олова. Експериментальні величини σ_{el} , ω_1 , ω_2 : ■ - середньозважені, розраховані з даних для ізоотопів олова [4]; Δ - дані ядра ^{118}Sn [4]; \blacktriangle - повні перерізи σ_t [5]. Криві 1, 2, 3 - результати розрахунків (див. текст).

Параметри кривих: 1 - параметри даної роботи, отримані нами раніше з підгонки до експериментальних даних ядра ^{118}Sn [6]; 2 - рекомендовані параметри, отримані середньозважено з даних для ізоотопів [2] (*), решту визначено з підгонки до даних, розрахованих середньозважено з

даних для ізоотопів; 3 – параметри, рекомендовані для ядра ^{118}Sn [2] (*), решту визначено з підгонки до даних ядра ^{118}Sn . Як видно, опис перерізів кривою 3 взагалі незадовільний, а кривою 2 – лише на початку діапазону енергії.

Таблиця 2. Параметри, використані в розрахунках для ядер олова

Ядро	S_0	S_1	R_0^i	R_1^i	$S_{1,3/2}$
^{118}Sn (1)	0,12	2,40	6,00	11,3	2,40
^{50}Sn [2] (2)	0,23*	2,55*	6,10*	10,7	2,46
^{118}Sn [2] (3)	0,46*	3,20*	6,00*	10,6	2,58

Слід відзначити, що проведений нами аналіз залежностей кожної з експериментальних величин $\sigma_{el}(E)$, $\omega_1(E)$, $\omega_2(E)$, виміряних для ізоотопів кадмію і олова [3, 4], показав, що на фоні хаотичних флуктуацій даних жодних помітних ізоотопних ефектів не спостерігається.

Цей висновок підтверджується експериментальними даними, наведеними на рис. 2а і 3. Величини σ_{el} , ω_1 , ω_2 ізоотопу ^{106}Cd добре узгоджуються з даними, отриманими для зразка з природним складом ізоотопів та з середньозваженими, отриманими з даних для ізоотопів. Дані ізоотопу ^{118}Sn також добре узгоджуються з даними, усередненими зважено з даних для ізоотопів. В обох ядрах перерізи σ_{el} узгоджуються з повними перерізами σ_t . Усе це свідчить про надійність експериментальних даних робіт [3, 4] та про відсутність помітних ізоотопних ефектів. Ця обставина дає змогу зробити висновок, що рекомендовані для обох ядер величини параметра S_0 не відповідають середнім експериментальним перерізам пружного розсіяння нейтронів.

Із рис. 2б видно, що парціальні перерізи σ_{c0} , σ_{c1} , σ_{s0} , σ_{s1} по-різному залежать від енергії. Тому задовільно описати експериментальні дані можна лише одним набором узгоджених між собою резонансних параметрів. Це означає, що величини цих параметрів можуть варіюватися лише в певних і досить незначних межах, які визначаються в основному чутливістю методики та наявними флуктуаціями експериментальних даних та їхніми похибками. Тому якщо один із рекомендованих параметрів не узгоджений з рештою параметрів, то визначений із підгонки набір не зможе задовільно описати експериментальні дані. Цей висновок підтверджується співставленням результатів розрахунків, наведених на рис. 2а і 3 з наборами параметрів, наведених у табл. 1 і 2.

Слід нагадати, що переважну більшість рекомендованих силових функцій S_0 і S_1 визначено з аналізу параметрів ізольованих резонансів [2]. В ядрах існують дві системи резонансів, що відпові-

дають орбітальним моментам $l = 0$ і 1 , із яких власне і визначаються силові функції S_0 і S_1 . Мала кількість резонансів та помилки їхньої ідентифікації за орбітальним моментом сприяють появі систематичних похибок. Зовсім іншими методами визначаються радіуси потенціального розсіяння R_0^i [2], зокрема з підставки під резонансами. Тобто всі три основні параметри фактично визначаються розрізнено і тому в багатьох ядрах вони не узгоджені між собою. При розрахунках перерізів за формулами (1) і (2) ця неузгодженість неодмінно позначається на якості опису експериментальних даних. Про це свідчать проведені нами розрахунки з рекомендованими параметрами, що наведені на рис. 2а, 3 і 4. Саме таким способом нами було уточнено значну частину рекомендованих параметрів досліджених ядер.

Телур. Для ізоотопів телуру експериментальні дані в літературі відсутні. Тому результати наведеного на рис. 4 аналізу мають до певної міри якісний характер. До того ж між експериментальними перерізами σ_{el} і σ_t при енергіях > 200 кеВ спостерігаються помітні розбіжності. Кривими позначено результати розрахунків: 1 – параметри даної роботи; 2 – параметри, рекомендовані для ізоотопів телуру і усереднені нами зважено для зразка з природним складом ізоотопів (*); 3 – параметри, рекомендовані для ядра ^{122}Te (*) [2], решту параметрів визначено з підгонки. Параметри відповідних кривих наведено в табл. 3.

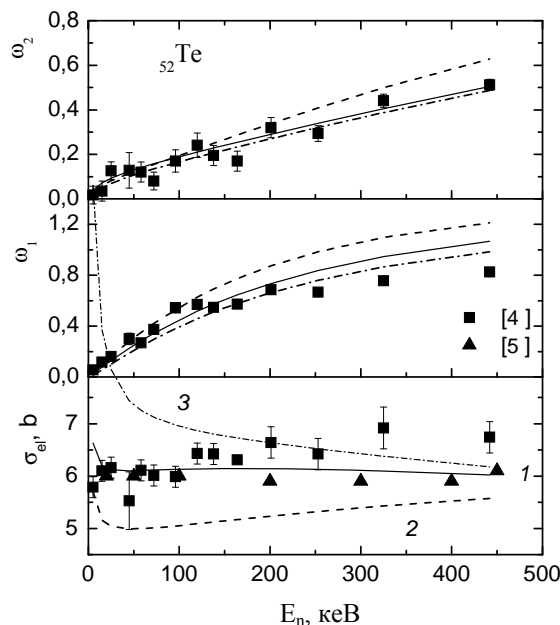


Рис. 4. Те ж саме, що й на рис. 2а, для телуру. Експериментальні величини σ_{el} , ω_1 , ω_2 : ■ - для телуру з природним складом ізоотопів [4]; ▲ - повні перерізи σ_t [5]. Криві 1, 2, 3 – результати розрахунків (див. текст).

Із опису експериментальних даних можна зробити висновок, що рекомендовані параметри наборів (2) і (3) є розбалансованими, тобто вони

не узгоджені між собою. Зокрема це видно з того, що в наборі (2) величина параметра R'_0 є заниженою, оскільки вона не узгоджується із залежністю від масового числа [2] (для ядер у районі телуру $R'_0 \sim 5,8 - 6,0$). Тому розраховані перерізи є заниженими. У наборі (3) завищена величина параметра S_1 ($S_1 \sim 1,5 - 2,0$ [2]). Але основна причина незадовільного опису експериментальних перерізів цим набором є занадто велика величина параметра S_0 (див. рис. 2б). Якщо вважати, що в ізотопах телуру також відсутні ізотопні ефекти, то можна зробити висновок, що величина параметра S_0 , рекомендована для ізотопу ^{122}Te , не відповідає експериментальним перерізам пружного розсіяння нейтронів.

Таблиця 3. Параметри, використані в розрахунках для ядер телуру

Ядро	S_0	S_1	R'_0	R'_1	$S_{1,3/2}$
^{52}Te (1)	0,25	1,70	6,22	8,65	1,91
^{52}Te [2] (2)	0,29*	1,43*	5,47*	10,3	1,33
^{122}Te [2] (3)	1,22*	2,72*	5,75*	9,26	1,91

Усі отримані нами набори резонансних параметрів досліджених ядер краще, ніж рекомендовані [2], описують середні перерізи пружного розсіяння нейтронів як за величиною χ^2 , так і візуально на графіках. Це дає підстави вважати, що висновок щодо залежності від масового числа

параметра S_0 в області $100 < A < 140$, отриманий нами і наведений на рис. 1, відповідає середнім експериментальним перерізам.

Висновки

1. Критерієм надійності резонансних параметрів, визначених будь-яким способом, є в першу чергу задовільний опис середніх нейтронних перерізів. Таким же критерієм може стати і залежність резонансних параметрів від масового числа, але лише після того, як будуть ліквідовані проблемні області масових чисел у цих залежностях (див. рис. 1).

2. Проведені дослідження дали змогу встановити, що середні резонансні параметри, які задовільно описують середні перерізи пружного розсіяння нейтронів, узгоджуються з результатами розрахунків за оптичною моделлю.

3. За наявних експериментальних даних проведені нами дослідження дають підстави вважати, що аномально великі величини параметра S_0 , рекомендовані для ядер ^{106}Cd , ^{118}Sn і ^{122}Te , не відповідають експериментальним середнім перерізам пружного розсіяння нейтронів. Але оскільки різниця між отриманими нами і рекомендованими параметрами є надто великою, то для остаточного вирішення цієї проблеми необхідно провести додаткові дослідження і в першу чергу експериментальні вимірювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Правдивий М.М., Корж І.О.* Залежність резонансних параметрів ядер від масового числа // Ядерна фізика та енергетика. - 2013. - Т. 14, № 3. - С. 252 - 258.
2. *Mughabghab S.F.* Atlas of Neutron Resonances (Resonance Parameters and Thermal Cross Sections) / 5th Edition. - Amsterdam: Elsevier, 2006. - Vol. 1.
3. *Popov A.B., Samosvat G.S.* Differential elastic scattering cross sections of Cadmium isotopes and p-neutron strength functions in the range $50 < A < 130$ // Сообщения ОИЯИ. - ЕЗ-85-226. - Дубна, 1985. - 8 с.
4. *Зо Ин Ок, Николенко В.Г., Попов А.Б., Самосват Г.С.* Нейтронные дифференциальные сечения упругого рассеяния в энергетической области ниже 440 кэВ // Сообщения ОИЯИ. - РЗ-85-133. - Дубна, 1985. - 12 с.
5. *McLane V., Dunford C., Rose P.F.* Neutron Cross Section. BNL / N. Y. - London: Academic Press, 1988. - Vol. 2.
6. *Корж І.О., Правдивий М.М., Скляр М.Т.* Середні резонансні параметри парних ізотопів кадмію і олова // Current Probl. in Nucl. Phys. and Atomic Energy (NPAE - Kyiv 2006): Proc. of the Intern. Conf. Part II. - Kyiv, 2007. - P. 599 - 605.

Н. М. Правдивый, И. А. Корж

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ЗАВИСИМОСТЬ НЕЙТРОННОЙ СИЛОВОЙ ФУНКЦИИ S_0 ОТ МАССОВОГО ЧИСЛА В ОБЛАСТИ $100 < A < 140$

Подведены некоторые итоги проведенных ранее исследований по определению полных наборов средних резонансных параметров S_0 , S_1 , R'_0 , R'_1 , $S_{1,1/2}$, $S_{1,3/2}$ для ядер $^{47,9}\text{Ti}$, $^{55,8}\text{Fe}$, $^{58,7}\text{Ni}$, $^{65,4}\text{Zn}$, $^{72,6}\text{Ge}$, ^{79}Se , $^{91,2}\text{Zr}$, $^{95,9}\text{Mo}$, $^{101,1}\text{Ru}$, $^{106,4}\text{Pd}$, ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{110}Cd , ^{112}Cd , ^{116}Cd , ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{120}Sn , ^{122}Sn , ^{124}Sn , $^{127,6}\text{Te}$, $^{144,2}\text{Nd}$ и определено их место в существующей системе рекомендованных параметров. Исследована зависимость силовой функции S_0 от масового числа в области $100 < A < 140$.

Ключевые слова: резонансные параметры, ядра, рекомендованные параметры.

M. M. Pravdivy, I. O. Korzh

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

**DEPENDENCY OF NEUTRON POWER FUNCTION S_0
FROM MASS NUMBER IN THE AREA OF $100 < A < 140$**

Resume of some previous investigations concerning definition of full sets of average resonances parameters S_0 , S_1 , R'_0 , R'_1 , $S_{1,1/2}$, $S_{1,3/2}$ for nuclei $^{47,9}\text{Ti}$, $^{55,8}\text{Fe}$, $^{58,7}\text{Ni}$, $^{65,4}\text{Zn}$, $^{72,6}\text{Ge}$, ^{79}Se , $^{91,2}\text{Zr}$, $^{95,9}\text{Mo}$, $^{101,1}\text{Ru}$, $^{106,4}\text{Pd}$, ^{106}Cd , ^{108}Cd , ^{110}Cd , ^{112}Cd , ^{116}Cd , ^{116}Sn , ^{118}Sn , ^{120}Sn , ^{122}Sn , ^{124}Sn , $^{127,6}\text{Te}$, $^{144,2}\text{Nd}$ has been presented and the place of these sets in the existing system of recommended parameters has been shown. The explored dependency power function S_0 from mass number in the area of $100 < A < 140$ was studied.

Keywords: resonances parameters, nuclei, recommended parameters.

REFERENCES

1. *Pravdivy M.M., Korzh I.O.* // Nucl. Phys. At. Energy. - 2013. - Vol. 14, No. 3. - P. 252 - 258. (Ukr)
2. *Mughabghab S.F.* Atlas of Neutron Resonances (Resonance Parameters and Thermal Cross Sections) / 5th Edition. - Amsterdam: Elsevier, 2006. - Vol. 1.
3. *Popov A.B., Samosvat G.S.* Differential elastic scattering cross sections of Cadmium isotopes and p-neutron strength functions in the range $50 < A < 130$ // Soobshcheniya OIYaI. - E3-85-226. - Dubna, 1985. - 8 p.
4. *Zo In Ok, Nikolenko V.G., Popov A.B., Samosvat G.S.* Neutron differential elastic scattering cross sections in the energy region below 440 keV // Soobshcheniya OIYaI. - P3-85-133. - Dubna, 1985. - 12 p. (Rus)
5. *McLane V., Dunford C., Rose P.F.* Neutron Cross Section. BNL / N. Y. - London: Academic Press, 1988. - Vol. 2.
6. *Korzh I.O., Pravdivy M.M., Sklyar M.T.* Average resonance parameters of Cadmium and Tin even isotopes // Current Probl. in Nucl. Phys. and Atomic Energy (NPAE - Kyiv 2006): Proc. of the Intern. Conf. Part II. - Kyiv, 2007. - P. 599 - 605. (Ukr)

Надійшла 24.06.2014

Received 24.06.2014