

EXFOR – МИНУЛЕ, СУЧАСНЕ ТА МАЙБУТНЄ

О.О. Грицай, Н.А. Климова, О.І. Кальченко

Інститут ядерних досліджень НАН України,
Український Центр ядерних даних, пр. Науки, 47, Київ, 03680
e-mail: nklimova@kinr.kiev.ua
<http://ukrndc.kinr.kiev.ua>

В статті наведено коротку інформацію про історію створення та діяльність Центрів ядерних даних, про вміст Міжнародної бази експериментальних даних з ядерних реакцій EXFOR/CSISRS, шляхи отримання інформації з системи EXFOR, а також сформульовано вимоги до українських експериментаторів, які б сприяли оперативному введенню експериментальних даних до міжнародної бази.

Вступ

Діяльність зі створення Міжнародної бази експериментальних даних з ядерних реакцій, відомої під назвами EXFOR (Exchange Format) та CSISRS (Cross Section Information Storage and Retrieval Systems), була розпочата в середині 60-х років минулого сторіччя чотирма науковими центрами, що базувалися в США, СРСР, Франції та Австрії. Об'єм експериментальної інформації з нейтронних даних, накопичений на той час у наукових закладах кожної з цих чотирьох країн, став настільки великим, що вимагав певної структуризації та певної форми запису даних. Фактично в кожній з країн був прийнятий свій формат запису експериментальних даних. Розвиток атомної енергетики та інших ядерних технологій, що розпочався в 60-х роках, вимагав отримання все нових даних зі взаємодії нейтронів із речовиною. Це спонукало науковців всього світу об'єднати зусилля і спробувати скоординувати свою діяльність як у проведенні нових експериментальних досліджень, так і розробити загальний, зрозумілий для всіх формат представлення експериментальних даних, щоб мати змогу обмінятися всією накопиченою інформацією. Для того, щоб надалі всю нову експериментальну інформацію з нейтронних даних не було втра-

чено і вона була доступною всьому науковому співтовариству, за кожною з країн-учасниць було закріплено певний регіон світу, з країн якого кожна з них повинна збирати і упорядковувати експериментальну інформацію. Саме тому центри ядерних даних, створені в кожній з країн-учасниць для виконання цих задач, часто і досі називають регіональними.

У 1966 році на першому засіданні, в якому брали участь представники чотирьох регіональних центрів ядерних даних, було прийнято рішення про проведення щорічних технічних нарад, а раз на 2 роки – засідань керівників центрів, на яких необхідно узгоджувати зміни формату обміну даними між центрами та засоби розповсюдження даних серед користувачів. Координацію діяльності між Центрами було покладено на Центр ядерних даних при Міжнародній Агенції з Атомної Енергії (МАГАТЕ), що базується у Відні.

Формат обміну даними EXFOR, спочатку задуманий для обміну нейтронними даними, був прийнятий як офіційний обмінний формат 4 центрами в 1969 році. За підсумками двох засідань, що відбулися у 1975 та 1976 роках, EXFOR-формат було доопрацьовано та адаптовано для охоплення всіх експериментальних ядерних даних.

Світові Центри ядерних даних

Чотири Центри-засновники, що зараз носять назви Національний центр ядерних даних National Nuclear Data Center – (NNDC), Брукхейвен, США, Російський Центр ядерних Даних (РЦЯД), ФЕІ, Обнінськ, Росія, OECD/NEA Банк ядерних даних (OECD/NEA Nuclear Data Bank (NEA-DB), – Іссі Ле-Муліне, Париж, Франція, Секція ядерних даних (Nuclear Data Section (NDS), МАГАТЕ, Відень, Австрія, продовжують діяльність з наповнення бази ядерних даних і сьогодні, але величезний об'єм експериментальної інформації, що був обумовлений бурхливим розвитком ядерної фізики у всьому світі наприкінці минулого сторіччя, потребував розширення кола наукових центрів, в обов'язки яких входила б діяльність з компіляції експериментальних даних у міжнародну систему EXFOR.

Низку таких центрів було створено по всьому світу – в Японії, Китаї, Україні, Росії, тощо. Мережу Центрів Ядерних Даних (NRDC – network of Nuclear Reaction Data Centres) було створено для збору даних з усіх країн світу. Метою центрів є збір експериментальних ядерних даних і бібліографічної інформації, обміну ядерними даними, розробка єдиних форматів для введення даних та легкого користування цими даними, координація розвитку комп'ютерного програмного забезпечення та розповсюдження ядерних даних та документації. Мета мережі (NRDC) полягає в тому, щоб охопити всі типи даних з ядерних реакцій: нейтронні, дані реакцій із зарядженими частинками, фотоядерні дані. Головні користувачі цих даних – ядерна промисловість, ядерні реактори, дослідження на прискорювачах, ядерна медицина, аналіз матеріалів, моніторинг навколишнього середовища та фундаментальні дослідження.

На сьогодні в Мережу Центрів Ядерних Даних входять чотири основних центри та десять додаткових спеціалізованих центрів ядерних даних, які відповідають за введення в базу експерименталь-

них даних або конкретних типів реакцій, або даних, отриманих в певних країнах чи географічних регіонах.

Координацію діяльності з введення експериментальної інформації в EXFOR покладено на Секцію ядерних даних при Міжнародній Агенції з Атомної Енергії. Назви та адреси веб-сайтів всіх центрів наведено у Таблиці 1.

Обов'язки Українського Центру Ядерних Даних

Український Центр Ядерних Даних (УкрЦЯД/UkrNDC) було створено в 1996 році. УкрЦЯД входить до мережі Центрів ядерних даних, що працюють під егідою МАГАТЕ, з 1998 року. Спочатку в обов'язки УкрЦЯД входила лише компіляція в EXFOR нейтронних даних, отриманих українськими вченими; на сьогодні – всі експериментальні дані – нейтронні, фотонні, дані з зарядженими частинками, повинні бути введені в EXFOR нашим центром.

Так, на сьогодні в обов'язки УкрЦЯД входить:

- Компіляція експериментальних даних, опублікованих українськими вченими, представлення їх у форматі EXFOR для включення до світового банку експериментальних даних.
- Надання допомоги в отриманні ядерних даних користувачам в Україні.
- Допомога в підготовці багатогрупових бібліотек для потреб ядерних технологій в Україні.
- Розповсюдження комп'ютерних програм для фундаментальних і прикладних розрахунків.

Інформаційна наповненість Міжнародної бази експериментальних даних з ядерних реакцій (EXFOR/CSISRS)

Міжнародна база експериментальних даних з ядерних реакцій EXFOR/CSISRS є основним джерелом експериментальних ядерних даних і охоплює результати, що було отримано ще в 30-х роках минулого сторіччя. На даний час EXFOR/CSISRS є

найбільшою базою експериментальних ядерних даних у світі, вона включає більше, ніж 17 тисяч експериментів.

На 18 травня 2009 року EXFOR/CSISRS вміщує:

- Повне число введів (ENTRY): 17 488
 - Таблиць з даними (Subentry): 121 091
- Кількісний розподіл інформації за типом налітаючих частинок:

- Нейтрони – 46%;
- Гамма – 5%;
- Заряджені частинки (49%):
 - Протони – 25%;
 - Альфа – 5%;
 - Дейтрони – 5%;
 - Інші – 14%.

В EXFOR/CSISRS представлено 26 типів експериментальних даних. Як приклад, нижче наведено деякі з типів та їхня доля в загальному об'ємі інформації.

1. Перерізи реакцій (46.9%);
2. Диференціальні дані відносно кута (8.08%);
3. Резонансні параметри (8.9%);
4. Диференціальні дані відносно енергії та кута (5.08%);
5. Поляризаційні дані (3.8%);
6. Виходи продуктів поділу (2.38%);
7. Виходи з товстих мішеней (1.53%);
8. Резонансні інтеграли (1.13%);
9. Диференціальні дані відносно енергії (1.08%);
10. Гамма-спектри (0.74%);
11. Ізомерні відношення (0.09%).

Окрім експериментальних даних EXFOR/CSISRS вміщує додаткову обов'язкову інформацію, яка висвітлює основні умови та обставини отримання даних, а саме:

Назву статті, в якій були опубліковані експериментальні дані.

Автори публікації.

Установи (інститути, лабораторії), де дані було отримано.

Назви видань, де було опубліковано дані, починаючи з 2008 року – номери NSR та DOI).

Установку, на якій проводились експериментальні дослідження.

Зразки, що використовувались в експерименті.

Метод, що було застосовано для отримання експериментальних даних.

Детектори, що використовувались для реєстрації.

Стан даних (табличний, графічний, починаючи з 2008 року – відповідь автора).

Історія введення в EXFOR (коли і хто ввів).

Аналіз похибок.

Перелік обов'язкової інформації, наведений вище, може бути доповнений допоміжними відомостями, як наприклад, інформацією про те, які поправки вводились чи які супутні результати було отримано – об'єм допоміжної інформації в EXFOR/CSISRS залежить певною мірою як від наявності такої інформації в статті, так і від уподобань вченого, що виконував компіляцію даних.

Приклад експериментальних даних з EXFOR/CSISRS (у скороченому вигляді) наведено в Таблиці 2. Ці дані введено в EXFOR/CSISRS бібліотеку Українським ЦЯД під номером G4024.

Шляхи доступу до EXFOR/CSISRS

Доступ до експериментальних даних з ядерних реакцій є вільним та безкоштовним. Користувач може безпосередньо шукати дані на сайтах більшості центрів ядерних даних. Однак, треба зауважити, що перевагу слід надавати центру у Відні www-nds.iaea.org (або дзеркальним до нього сайтам), оскільки лише цим центром оновлення та поповнення експериментальної інформації проводиться регулярно один раз на тиждень. У всіх центрах постійно ведеться робота з поліпшення та спрощення пошуку та покращенню вигляду виведеної інформації, однак, знову хотілося б звернути увагу на те, що найбільш оперативно це відбувається в Секції ядерних даних у Відні. На Рис. 1 наведено форму запиту, за допомогою якої користувач може зробити пошук

необхідної інформації на сайті Секції ядерних даних (NDS) www-nds.iaea.org.

В зв'язку з тим, що зберігати бібліотеку експериментальних ядерних даних EXFOR/CSISRS у повному обсязі та виконувати оновлення даних один раз на тиждень є технічно і організаційно не реально для УкрЦЯД (це характерно і для багатьох інших центрів, сайти яких не є дзеркальними до сайту NDS) нами було прийнято рішення залишити на нашому сайті (<http://ukrndc.kinr.kiev.ua/>) лише деякі приклади та пояснення до

EXFOR/CSISRS, а пошук експериментальної інформації рекомендувати користувачам робити через сайти NDS IAEA чи NNDC. Для спрощення доступу до цих сайтів на першій сторінці сайту УкрЦЯД створено директорію **Інші сайти** (див. Рис. 2), в якій наведено адреси цих двох центрів. У разі виникнення якихось питань ми рекомендуємо звертатися безпосередньо до УкрЦЯД (Корпус 101 кім. 408; кім. 303, ІЯД, проспект Науки, 47, Київ, тел. 8044 525 3987, e-mail: ogritzay@kinr.kiev.ua).

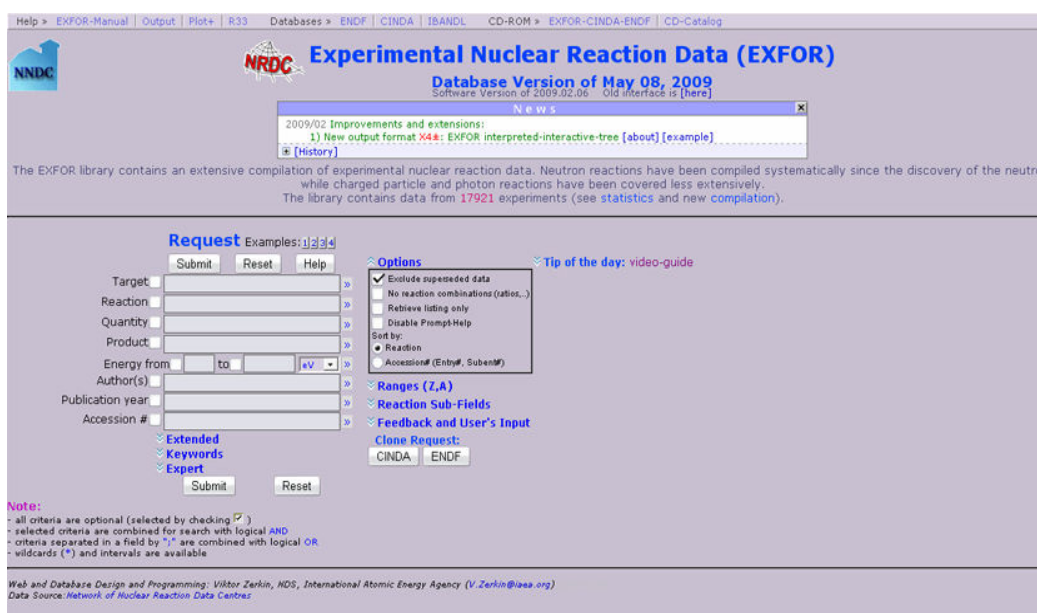


Рис. 1. Форма запити з сайту NDS www-nds.iaea.org, за допомогою якої користувач може зробити пошук необхідної експериментальної інформації.

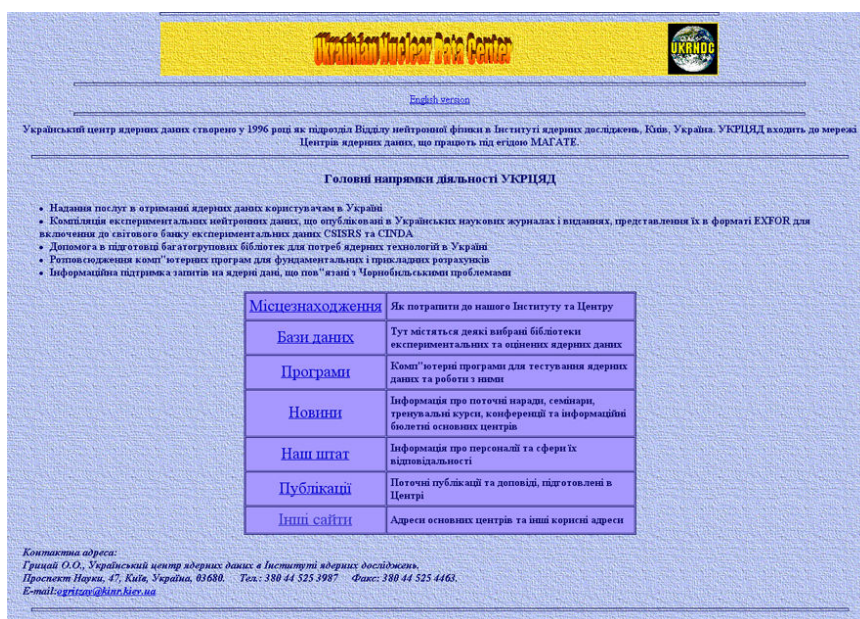


Рис. 2. Перша сторінка сайту УкрЦЯД

Сучасні вимоги до представлення даних в EXFOR/CSISRS

Незважаючи на те, що на сьогодні накопичено величезний об'єм експериментальної інформації, потреба в нових чи уточнених експериментальних ядерних даних постійно зростає. Щоб активізувати роботу зі збору даних та скоротити час між моментом отримання експериментальних результатів та їх появою в EXFOR/CSISRS на останньому засіданні керівників центрів ядерних даних, що відбулося 22-25 вересня 2008 року, було прийнято нові вимоги до представлення даних в EXFOR/CSISRS. Деякі з них, виконання яких неможливе без активної співпраці між центрами ядерних даних та авторами експериментальних ядерних даних, перелічено нижче.

- Часовий проміжок між публікацією даних та введенням даних в EXFOR/CSISRS – 2 місяці.
- Рекомендується введення в EXFOR/CSISRS даних, представлених на конференціях, до виходу праць як приватної інформації доповідача.
- Слід звернути увагу на підвищення вимог до опису джерел похибок експериментальних даних.
- В разі неможливості отримати табличні дані від авторів статей, в яких дані надано в графічному вигляді, протягом 2 місяців з часу виходу публікації проводити оцифрування графіків з зазначенням причини.
- Переглянути “старі” (пропущені) дані.

Таблиця 1. Назви та адреси веб-сайтів всіх центрів ядерних даних.

	Назва центру	Інтернет-адреса
	NNDC National Nuclear Data Center, (Brookhaven, USA)	www.nndc.bnl.gov
	NEA DB OECD/NEA Nuclear Data Bank (Issy Les-Moulineaux, France)	www.nea.fr/html/databank
	NDS IAEA Nuclear Data Section, (Vienna, Austria)	www.nds.iaea.org
	CJD Russian Nuclear Data Center, (Obninsk, Russia)	www.ippe.ru/podr/cjd
	CAJAD Russian Nuclear Structure and Reaction Data Center, (Moscow, Russia)	www.kiae.ru
	CDFE Centre for Photonuclear Experiments Data, (Moscow, Russia)	cdfe.sinp.msu.ru
	CNDC Chinese Nuclear Data Center, (Beijing, China)	http://159.226.2.40/
	JAEA Nuclear Data Center, Japan	wwwndc.tokai-sc.jaea.go.jp
	JCPRG Hokkaido University Nuclear Reaction Data Center, (Sapporo, Japan)	www.jcprg.org
	ATOMKI Charged-Particle Nuclear Reaction Data Group, (Debrecen, Hungary)	www.atomki.hu
	UKRNDN Nuclear Data Center (Institute for Nuclear Research, Kyiv, Ukraine)	http://ukrndc.kinr.kiev.ua
	CNPD Center of Nuclear Physics Data, (Russian Federal Nuclear Center (RFNC), VNIIEF, Sarov, Russia)	www.vniief.ru
	KAERI Korean Atomic Energy Research Institute (Taejeon, Korea)	atom.kaeri.re.kr
	Indian Compilation Group (BARC and others, India)	

Таблиця 2. Приклад експериментальних даних з EXFOR/CSISRS.

ENTRY	G4024	20081128
SUBENT	G4024001	20081128
BIB	12	25
TITLE	Excitation of 109Pd and 112In nuclear isomers in (g,n) reactions	
AUTHOR	(V.M.Mazur, Z.M.Bigan, D.M.Symochko)	
INSTITUTE	(4UKRIEP)	
REFERENCE	(J,FCY,146,(4),634,2008) (J,FCY/L,5,(4),374,2008) #NSR 2008MA25 #doi: 10.1134/S1547477108040079 (J,IZV,72,(11),1548,2008)This article includes results for 110Pd, 112Cd (ENTRY G4013) and 113IN(this G4024 ENTRY)	
ADD-RES	Results for 109mPd were included in ENTRY G4013	
INC-SOURCE	(BRST)	
FACILITY	(MICRT) The M-30 microtron. The energy uncertainty for accelerated electrons did not exceed 50 keV.The current of accelerated electrons comprised 5 microA. The stopping target represented the tantalum plate.	
SAMPLE	Samples of metallic indium with the natural isotopic composition and a mass of 0.5-1g were used as targets.	
METHOD	(ACTIV) Induced gamma-activity was measured.	
DETECTOR	(GELI) Ge(Li) detector with a volume of 100 cm ² and a resolution of 3.5 keV for the line 1332 keV of 60Co.	
ANALYSIS	(PLA)The calculation was performed using the inverse matrix method.	
HISTORY	(20081128C)UKRNDC	
ENDBIB	25	
NOCOMMON	0	0
ENDSUBENT	28	
SUBENT	G4024002	20081128
BIB	4	7
REACTION	(49-IN-113(G,N)49-IN-112-M/G,,SIG/RAT,,BRA)	
DECAY-DATA	(49-IN-112-G,14.97MIN,DG,617,..046) (49-IN-112-M,20.56MIN,DG,156,..132)	
ERR-ANALYS	(EN-ERR-DIG) Digitizing error (ERR-DIG) Digitizing error (ERR-S) Statistical errors.	
STATUS	(CURVE)fig.3a	
ENDBIB	7	
COMMON	2	3
EN-ERR-DIG	ERR-DIG	
MEV	NO-DIM	
0.00230	0.00040	
ENDCOMMON	3	
DATA	3	12
EN-MAX	DATA	ERR-S
MEV	NO-DIM	NO-DIM
9.9966	0.91953	0.082050
10.501	0.87563	0.010256
17.881	0.71674	0.039562
ENDDATA	14	
ENDSUBENT	30	
ENDENTRY	2	

Хотілося б звернути увагу експериментаторів ще на деякі моменти. Оскільки сьогодні проводиться активна робота з автоматизації передачі інформації про публікацію з EXFOR/CSISRS до CINDA (бібліографічна бібліотека), то в майбутньому відсутність опублікованих експериментальних даних в бібліотеці EXFOR/CSISRS буде означати їхню відсутність і в бібліографічних базах, а це фактично означатиме втрату даних для міжнародного співтовариства. Другий важливий момент. В разі відмови авторами надати своєчасно табличну інформацію, центр ядерних даних, відповідальний за введення експериментальних даних, буде вимушений оцифрувати графіки і передати ці оцифровані дані в бібліотеку EXFOR/CSISRS. Всі центри користуються верифікованими, сучасними програма-

ми оцифрування даних, але навіть найкращим чином проведене оцифрування неминуче вносить додаткові похибки в дані. Кожен автор даних повинен пам'ятати це.

Об'єднання зусиль в 60-і роки минулого сторіччя для створення міжнародної бібліотеки експериментальних ядерних даних EXFOR/CSISRS було великою перемогою всієї світової наукової спільноти та безсумнівно зіграло визначну роль в розвитку як фундаментальних досліджень (і експериментальних, і теоретичних), так і прикладних ядерних технологій. Наповнення бібліотеки новими сучасними експериментальними даними є запорукою нових досягнень в галузі ядерної фізики, тому ми закликаємо вас до плідної і продуктивної співпраці в цьому напрямку.

EXFOR–THE PAST, THE PRESENT, AND THE FUTURE

O.O.Gritzay, N.A.Klymova, O.I.Kalchenko

Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine,
Ukrainian Nuclear Data Center, pr. Nauky, 47, Kyiv, 03680
e-mail: nklimova@kinr.kiev.ua
<http://ukrndc.kinr.kiev.ua>

A short information is presented here about the history of foundation and activity of Nuclear Data Centers, the content of International experimental nuclear reaction database EXFOR/CSISRS, the ways of getting information from the EXFOR system; the requirements for Ukrainian experimentalists are formulated to provide the fastest input of the experimental data into the international database.

