

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора з наукової роботи

_____ **В. В. Давидовський**
« 5 » _____ 2023 р.


НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА НЕІДЕАЛЬНОЇ ПЛАЗМИ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: *10 - Природничі науки*

Спеціальність : *104 – Фізика та астрономія*

Освітня програма: *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Статус курсу: *фаховий (вибірковий)*

Київ 2023

Сучасні коди та ядерні дані: Навчально-методичний комплекс дисципліни. – Київ: ІЯД НАНУ, 2023 . - 29 с.

Укладач: Грицай О.О., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Ухвалено на засіданні Вченої ради Інституту ядерних досліджень НАН України

протокол № 6 від “ 5 ” липня 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
СУЧАСНІ КОДИ ТА ЯДЕРНІ ДАНІ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: *10 - Природничі науки*

Спеціальність : *104 – Фізика та астрономія*

Освітня програма: *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Статус курсу: *фаховий (вибірковий)*

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма з курсу «Сучасні коди та ядерні дані» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю **104 – Фізика та астрономія** (галузь знань: **10 - Природничі науки**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Курс «Сучасні коди та ядерні дані» є необхідною складовою вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю **104 – Фізика та астрономія**, напрям підготовки: Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Він дає можливість надати аспірантам необхідні теоретичні відомості про структуру та типи ядерних даних, про шляхи доступу до міжнародних баз ядерних даних; навчити аспірантів використовувати сучасну ядерно-фізичну інформацію та спеціалізовані програмні комплекси при проведенні аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень в фундаментальній ядерній фізиці та при проведення інженерно-технічних розрахунків в галузі атомної енергетики.

Курс «Сучасні коди та ядерні дані» викладається на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі та розрахований на 6 навчальних тижнів (по 4 ауд. год. щотижня; перший тиждень занять – лекційний). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 16 год.; практичні заняття – 8 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (34 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 60 (2 кредити ЄКТС).

Мета дисципліни – Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні коди та ядерні дані» є надання аспірантам необхідних теоретичних відомостей про структуру та типи ядерних даних, про шляхи доступу до міжнародних баз ядерних даних; навчити студентів використовувати сучасну ядерно-фізичну інформацію та спеціалізовані програмні комплекси при проведенні аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень в фундаментальній ядерній фізиці та при проведення інженерно-технічних розрахунків в галузі атомної енергетики.

Завдання – Основними завданнями вивчення дисципліни «Сучасні коди та ядерні дані» є опанування інформації про структуру та типи ядерних даних, про шляхи доступу до міжнародних баз ядерних даних; отримання практичних навичок в використанні сучасної ядерно-фізичної інформації при проведенні аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень в фундаментальній ядерній фізиці та при проведення інженерно-технічних розрахунків в галузі атомної енергетики; отримання практичних навичок використання спеціалізованих програмних комплексів для

підготовки на базі сучасних бібліотек оцінених ядерних даних (БОЯД) спеціалізованих проблемно-орієнтованих бібліотек ядерних даних, необхідних для проведення інженерно-технічних розрахунків в галузі ядерної фізики та атомної енергетики.

Структура курсу

«Сучасні коди та ядерні дані» включає такі розділи:

- Ядерні дані та застосування їх для науково-інженерних розрахунків. Центри ядерних даних. Задачі регіональних та національних ЦЯД.
- Типи базових бібліотек ядерних даних (експериментальні, оцінені, структурні, бібліографічні).
- Загальна структура, вміст БОЯД, ідентифікація матеріалів та реакцій, закони інтерполяції, принцип побудови БОЯД (ENDF/V формат).
- Формат представлення ОЯД в файлі 1: загально-описова інформація та середні виходи нейтронів при поділі.
- Формат представлення параметрів резонансів в області розділених та нерозділених резонансів.
- Формат представлення поточкових нерезонансних перерізів. Проблеми отримання істинних поточкових перерізів.
- Інтернетівський доступ до бібліотек ядерних даних.
- Структура бібліотеки оцінених ядерних даних структури ядра ENSDF та основні принципи побудови.
- CSISRS/EXFOR – бібліотека експериментальних ядерних даних. Структура та основні принципи побудови.
- Спеціалізовані проблемно-орієнтовані бібліотеки ядерних даних. Принципи побудови. Основні правила при виборі чи підготовці спеціалізованих бібліотек для проведення науково-інженерних розрахунків.
- Доступ до комп'ютерних програм та програмних комплексів для роботи з БОЯД. Основні та допоміжні програмні продукти для роботи з БОЯД. Верифіковані, ліцензовані програмні продукти.
- Використання програм з комплекту AUX-2015: CR-LIB - програма для створення єдиного файлу-бібліотеки з окремих матеріалів БОЯД, PD-ORI – програма для представлення ENDF-форматованих перерізів, отриманих після відпрацювання будь-якої з програм LINEAR, RECENT, SIGMA1, чи MIXER, в табличному вигляді; програми LIN, REC, SIG, GRO, MIX для підготовки вхідних файлів-завдань для запуску програм LINEAR, RECENT, SIGMA1, GROUPIE та MIXER відповідно).
- Використання коду LINEAR для проведення лінійаризації перерізів реакцій з комплекту ENDF/V Pre-processing codes (PREPRO).

- Використання коду RECENT (з PREPRO) для обчислення поточкових енергетично-залежних перерізів з комплексу ENDF/B Pre-processing codes (PREPRO).
- Використання коду SIGMA1 (з PREPRO) для врахування ефектів Доплерівського уширення перерізів для будь-якої потрібної в задачі температури.
- Групові перерізи, функції зважування, групова структура, резонансне самоекранування. Використання коду GROUPIE (з PREPRO) для обчислення неекранованих багатогрупових перерізів, самоекранованих (Бондаренківський підхід) багатогрупових перерізів.
- Використання коду MIXER (з PREPRO) для розрахунку поточкових та групових перерізів сплавів, перерізів природніх матеріалів за даними перерізів ізотопів, перерізів хімічних сполук.
- Структура побудови програмного комплексу NJOY.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати:**

- Загальну структуру, вміст та призначення всіх базових бібліотек ядерних даних (експериментальних (CSISRS/EXFOR), оцінених (ENDF), структурних (ENSDF), бібліографічних (CINDA)).
- Принцип побудови БОЯД та формат представлення оцінених ядерних даних в перших шести файлах БОЯД (ENDF/B формат).
- Основні правила при виборі чи підготовці спеціалізованих бібліотек для проведення науково-інженерних розрахунків.
- Шляхи доступу до бібліотек ядерних даних та до комп'ютерних програмних комплексів для роботи з ядерними даними.
- Етапи підготовки і розрахункові алгоритми для обчислення перерізів та ядерних констант на базі сучасних бібліотек оцінених ядерних даних.

вміти:

- Отримати та проаналізувати ядерно-фізичну інформацію з усіх базових бібліотек ядерних даних (експериментальних (CSISRS/EXFOR), оцінених (ENDF), структурних (ENSDF), бібліографічних (CINDA)).
- Проводити розрахунки поточкових енергетично-залежних перерізів та багатогрупових перерізів (неекранованих та самоекранованих) на основі даних з БОЯД за допомогою програмного комплексу PREPRO (програми LINEAR, RECENT, SIGMA1, GROUPIE, MIXER).
- Представити результати розрахунків в графічному вигляді, провести порівняльний аналіз результатів розрахунків, отриманих з використанням різних БОЯД, та з даними з CSISRS/EXFOR. На основі проведеного аналізу виробити рекомендації щодо використання

результатів розрахунків в якості спеціалізованої бібліотеки-файлу для проведення заданих інженерних розрахунків.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Сучасні коди та ядерні дані**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з основними типами сучасної ядерно-фізичної інформації, накопиченої світовою науковою спільнотою в ЦЯД, з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни «**Сучасні коди та ядерні дані**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики, електродинаміки, атомної фізики, статистичної фізики, квантової механіки, основ фізики реакторів, сучасних ядерно-фізичні експериментів, методів розрахунків ядерних реакторів” тощо.

II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індиві- дуальна робота	Консуль- тації
	Розділ (змістовний модуль) 1. Ядерні дані для науки і техніки	-	-	-	-	-
	Тема 1 Бібліотеки ядерних даних. Центри ядерних даних.	5	2	-	3	-
	Тема 2. Структура бібліотек ядерних даних	8	2	-	6	-
	ТЕМА 3. Загальна структура та вміст БОЯД	15	3	-	12	-
	Тема 4. Спеціалізовані бібліотеки ядерних даних	3	1	-	2	-
	Всього по розділу 1	31	8	0	23	-
	Розділ (змістовний модуль) 2. Сучасні коди					
	Тема 5. Використання програм з комплекту AUX-2015	6	1	1	2	-
	Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO	24	7	7	8	
	Тема 7. Програмний комплекс NJOY	2	1	-	1	
	Всього по розділу 2	32	8	8	11	-
	Іспит	-	-	-	-	2
	Всього	60	16	8	34	2

ЗМІСТ КУРСУ

Розділ (змістовний модуль) 1. Ядерні дані для науки і техніки

ТЕМА 1. . Бібліотеки ядерних даних. Центри ядерних даних.

Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

Ядерні дані та застосування їх для науково-інженерних розрахунків. Центри ядерних даних. Задачі регіональних та національних ЦЯД. Базові та спеціалізовані бібліотек ядерних даних. Інтернетівський доступ до бібліотек ядерних даних.

ТЕМА 2. Структура бібліотек ядерних даних.

Базові бібліотеки ядерних даних (експериментальні, структури ядра, бібліографічні). Структура бібліотеки оцінених ядерних даних структури ядра ENSDF та основні принципи побудови. CSISRS/EXFOR – бібліотека експериментальних ядерних даних. Структура та основні принципи побудови.

ТЕМА 3. Загальна структура та вміст БОЯД.

Загальна структура, вміст БОЯД, ідентифікація матеріалів та реакцій, закони інтерполяції, принцип побудови БОЯД (ENDF/B формат). Формат представлення ОЯД в файлі 1: загально-описова інформація та середні виходи нейтронів при поділі. Формат представлення параметрів резонансів в області розділених та нерозділених резонансів. Формат представлення поточкових нерезонансних перерізів. Проблеми отримання істинних поточкових перерізів. Формат представлення кутових, енергетичних та енергетично-кутових розподілів вторинних частинок (ознайомлення).

ТЕМА 4. Спеціалізовані бібліотеки ядерних даних.

Спеціалізовані проблемно-орієнтовані бібліотеки ядерних даних. Принципи побудови. Основні правила при виборі чи підготовці спеціалізованих бібліотек для проведення науково-інженерних розрахунків.

Розділ (змістовний модуль) 2. Сучасні комп'ютерні коди (для підготовки спеціалізованих бібліотек).

ТЕМА 5. Використання програм з комплекту AUX-2015

Доступ до комп'ютерних програм та програмних комплексів для роботи з БОЯД. Основні та допоміжні програмні продукти для роботи з БОЯД. Верифіковані, ліцензовані програмні продукти. Використання програм з комплекту AUX-2015.

ТЕМА 6. Використання програмного комплексу PREPRO.

Використання коду [LINEAR](#) для проведення лінійаризації перерізів реакцій з комплекту ENDF/B Pre-processing codes (PREPRO). Використання коду [RECENT](#) для обчислення поточкових енергетично-залежних перерізів. Використання коду [SIGMA1](#) (з PREPRO) для врахування ефектів Доплерівського уширення перерізів для будь-якої потрібної в задачі температури. Групові перерізи, функції зважування, групова структура, резонансне самоекранування. Використання коду [GROUPIE](#) (з PREPRO) для обчислення неекранованих багатогрупових перерізів, самоекранованих (Бондаренківський підхід) багатогрупових перерізів. Обчислення перерізів для сплавів, хімічних сполук та природніх елементів на основі перерізів ізотопних компонент. Використання коду [MIXER](#) (з PREPRO).

ТЕМА 7. Програмний комплекс NJOY.

Структура побудови програмного комплексу NJOY. Використання модулів MODER, MODER, RECONR, BROADR, UNRESR, GROUPE, GAMINR, ACER з програмного комплексу NJOY.

Література

Основна

1. Структура, матеріально-технічне оснащення, інформаційне наповнення та обов'язки Українського Центру ядерних даних, Грицай О.О., Препринт КІЯД-01-2, 2001, Київ.
2. <http://ukrncd.kinr.kiev.ua/>
3. Summary Report on Technical Meeting of the International Network of Nuclear Reaction Data Centres IPPE, Obninsk and Moscow State University, Moscow Russian Federation 22 – 25 September 2008, Prepared by S. Dunaeva, A. L.Nichols and H. Henriksson, December 2008, [INDC\(NDS\)-0536](#).
4. EXFOR Basics. A Short Guide to the Nuclear Reaction Data Exchange Format. IAEA-NDS-206, Victoria McLane, National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, USA, Rev. 2000/09, BNL-NCS-63380-2000/05 Rev.
5. LEXFOR (EXFOR Compiler's Manual) IAEA-NDS-208, Compiled and edited by Victoria McLane, National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, USA, Version January 2006 issued by the IAEA Nuclear Data Section.

6. The Evaluated Nuclear Structure Data File. A Manual for Preparation of Data Sets, J.K. Tuli, February 2001, BNL-NCS-51655-01/02-Rev.
<http://www-nds.iaea.org/ndspub/documents/ensdf/ensdf-manual.pdf>.
7. ENDF-102 Data Formats and Procedures for the Evaluated Nuclear Data File ENDF-6, June 2005 version. <http://www-nds.iaea.org/ndspub/documents/ensdf/ensdf102/>
8. ENDF-201 ENDF/B-VI Summary Documentation, Supplement 1 ENDF/HE-VI Summary Documentation, December 1996 version.
<http://www-nds.iaea.org/ndspub/documents/ensdf/ensdf201/>
9. <http://www-nds.iaea.org/ndspub/ensdf/utility/index.html>
10. <http://www-nds.iaea.org/ndspub/ensdf/prepro/>
11. "NJOY94: Code System for Producing Pointwise and Multigroup Neutron and Photon Cross Sections from ENDF/B Data", LANL, New Mexico, PSR-355, 1996.
12. <http://t2.lanl.gov/njoy/index.html>

Додаткова

1. Аналіз можливостей вивчення ефекту Доплера для U-238 на фільтрованому пучку нейтронів з енергією 2 кеВ. ,УФЖ, т.38, 1 1993,6
О.О.Грицай, Н.І.Калач
2. Використання бібліотек файлів оцінених ядерних даних у ядерно-фізичних розрахунках друк.репринт/ НАН України. Ін-т яд. досл.; КІЯД-94-17, 1994, 10 О.О.Грицай, Н.І.Калач,
О.І.Кальченко,В.В.Колотий, М.Ф.Власов
3. V.G.Pronyaev (ed.) "The Nuclear Data Centres Network", INDC(NDS)-401, March 1999
4. C.L.Dunford "ENDF Utility Codes Release 6.10", BNL, Nov.1995.
5. D.E.Cullen " The 1996 ENDF Pre-processing Codes", IAEA-NDS-39, Rev.9, Vienna, Nov.1996.
6. V.V.Sinista and A.A.Rineisky "GRUCON - Package of Applied Computer Programs System and Operating Procedures of Functional Modules".Institute of Physics and Power Engineering Obninsk,, The Russian Federation.April 1993.
7. Zolotarev, K. I., Ignatyuk, A. V., Manokhin, V. N., and Pashchenko, A. B. "RRDF-98, Russian Reactor Dosimetry File," Report IAEA-NDS-193, Rev. 0, Summary documentation by A. B. Pashchenko, 1999.
8. R. B. Firestone, V. S. Shirley, S. Y. Frank Chu, C. M. Baglin, Jean Zipkin, Table of Isotopes, CD edition, JWiley Interscience, March 1996.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ КОДИ ТА ЯДЕРНІ ДАНІ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітньо- кваліфікаційний рівень	Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни	
	Академічна характеристика	Структура
10 – Природничі науки 104 – Фізика та астрономія Освітня програма – Фізика (Теоретична фізика) Доктор філософії	Рік навчання: 2 або 3 Семестр: 1 або 2 * Кількість годин на тиждень: 4 Статус курсу: <i>фаховий (вибірковий)</i> Кількість ECTS кредитів: 2 * дисципліна може викладатися на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі	Кількість годин: Загальна: 60 Лекції: 16 Практичні заняття: 8 Консультація 2 Самостійна робота: 34 Вид підсумкового контролю: іспит

Робоча програма складена для докторів філософії – Освітня програма *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Укладач: Грицай О.О., кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

III. ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

МЕТА ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛЕКЦІЙ

Проведення лекційних занять націлено на донесення загальних знань та побудову теоретичних методів по дисципліні, на сприяння розвитку у аспірантів розумової діяльності і розширення світогляду.

Розділ (змістовний модуль) 1. Ядерні дані для науки і техніки

Заняття 1. Тема 1. Вступ. Бібліотеки ядерних даних. Центри ядерних даних.

План.

1. Ядерні дані та застосування їх для науково-інженерних розрахунків.
2. Центри ядерних даних.
3. Задачі регіональних та національних ЦЯД. Базові та спеціалізовані бібліотек ядерних даних.
4. Інтернетівський доступ до бібліотек ядерних даних.

Література

[1, 2, 3]

Заняття 2. Тема 2. Структура бібліотек ядерних даних

План.

1. Базові бібліотеки ядерних даних (експериментальні, структури ядра, бібліографічні).
2. Структура бібліотеки оцінених ядерних даних структури ядра ENSDF та основні принципи побудови. CSISRS/EXFOR – бібліотека експериментальних ядерних даних.
3. Структура та основні принципи побудови.

Література

[1, 2, 4-6]

Заняття 3. Тема 3. Загальна структура та вміст БОЯД.

План.

1. Загальна структура, вміст БОЯД, ідентифікація матеріалів та реакцій.
2. Закони інтерполяції.
3. Принцип побудови БОЯД (ENDF/V формат).
4. Формат представлення ОЯД в файлі 1: загально-описова інформація та середні виходи нейтронів при поділі.
5. Формат представлення параметрів резонансів в області розділених та нерозділених резонансів.

6. Формат представлення поточкових нерезонансних перерізів.
7. Проблеми отримання істинних поточкових перерізів.
8. Формат представлення кутових, енергетичних та енергетично-кутових розподілів вторинних частинок (ознайомлення).

Література

[1, 2, 7-8]

Заняття 4. Тема 4. Спеціалізовані бібліотеки ядерних даних

План.

1. Спеціалізовані проблемно-орієнтовані бібліотеки ядерних даних.
2. Принципи побудови.
3. Основні правила при виборі чи підготовці спеціалізованих бібліотек для проведення науково-інженерних розрахунків.

Література

[1, 2, 7-8]

Розділ (змістовний модуль) 2. Сучасні комп'ютерні коди (для підготовки спеціалізованих бібліотек).

Заняття 5. Тема 5. Використання програм з комплекту AUX-2015.

План.

1. Доступ до комп'ютерних програм та програмних комплексів для роботи з БОЯД.
2. Основні та допоміжні програмні продукти для роботи з БОЯД.
3. Верифіковані, ліцензовані програмні продукти.
4. Використання програм з комплекту AUX-2015.

Література

[1, 2, 9]

Заняття 6. Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO.

План.

1. Використання коду [LINEAR](#) для проведення лінійаризації перерізів реакцій з комплекту ENDF/B Pre-processing codes (PREPRO).
2. Використання коду [RECENT](#) для обчислення поточкових енергетично-залежних перерізів.

3. Використання коду [SIGMA1](#) (з PREPRO) для врахування ефектів Доплерівського уширення перерізів для будь-якої потрібної в задачі температури.

Література

[1, 2, 7, 8, 10]

Заняття 7. Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO.

План.

1. Групові перерізи, функції зважування, групова структура, резонансне самоекранування. Використання коду [GROUPIE](#) (з PREPRO) для обчислення неекранованих багатогрупових перерізів, самоекранованих (Бондаренківський підхід) багатогрупових перерізів.
2. Обчислення перерізів для сплавів, хімічних сполук та природніх елементів на основі перерізів ізотопних компонент. Використання коду [MIXER](#) (з PREPRO).

Література

[1, 2, 7, 8, 10]

Заняття 8. Тема 7. Програмний комплекс NJOY.

План.

1. Структура побудови програмного комплексу NJOY.
2. Використання модулів MODER, MODER, RECONR, BROADR, UNRESR, GROUPE, GAMINR, ACER з програмного комплексу NJOY.

Література

[11, 12].

IV. ПЛАН ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичні заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять, термінів і моделей з дисципліни та набуття практичних навиків розв'язання задач та проведення розрахунків.

В процесі практичних занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння

розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити числові оцінки, розв'язувати задачі.

Одним з важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків публічних виступів і дискусій.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Передбачаються такі види аудиторної роботи:

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу за переліком контрольних питань по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- розв'язання задач аналітичного характеру;
- розв'язання задач обчислювального характеру;
- проведення колоквиумів по засвоєнню теоретичного матеріалу;
- виконання контрольних робіт за індивідуальним завданням;
- перевірка практичних завдань, виконаних аспірантами під час самостійної роботи;
- проведення консультацій з дисципліни;

Практичне заняття 1. Тема 5. Використання програм з комплекту AUX-2015.

Завдання і контрольні запитання:

1. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК з JENDL-3.3 файл для 13-A1- 27, 1-H-1, 8-O-16, 8-O-17.
2. Для чого використовується програма CR-LIB?
3. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму CR-LIB.
4. Створіть бібліотечку з 13-A1- 27, 1-H-1, 8-O-16, 8-O-17.
5. Для чого використовується програма PD-ORI?
6. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму PD-ORI.
7. За допомогою програми PD-ORI створіть файли з "фонovими" перерізами непружного розсіяння на 1-му та 2-му рівнях для 13-A1- 27. Побудуйте за допомогою Origin ці перерізи.
8. Для чого використовується програми LIN, REC, SIG, GRO, MIX?
9. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програми LIN, REC, SIG, GRO, MIX

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Повторити правила ідентифікації матеріалів та реакцій в ENDF/B форматі.
2. Закони інтерполяції в ENDF/B форматі.

3. Повторити теорію ядерних реакцій (формулу Брейта-Вігнера та моделі для опису перерізів реакцій)
4. Формат представлення параметрів резонансів в області розділених резонансів в ENDF/B форматі.
5. Формат представлення параметрів резонансів в області нерозділених резонансів в ENDF/B форматі.

Література:

Основна: [1, 2, 7-8].

Практичне заняття 2. Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO.

Завдання і контрольні запитання:

1. Для чого використовується програма LINEAR?
2. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму LINEAR.
3. Використовуючи [LIN](#) та сайт УкрЦЯД з описом файлу-завдання створіть файл-завдання для роботи з програмою LINEAR для 13-A1- 27 з JENDL-3.3 з різними похибками лінійаризації:
 - 0.1%
 - 1%
 - 10%
4. Запустіть програму LINEAR (тричі). Порівняйте отримані результати.
5. Побудуйте "фонові" перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, перерізи радіаційного поглинання нейтронів, непружного розсіяння на 1-му та 2-му рівнях для 13-A1- 27 з JENDL-3.3. Поясніть вихідні результати.
6. Для чого використовується програма RECENT?
7. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму RECENT.
8. Використовуючи REC та сайт УкрЦЯД з описом файлу-завдання створіть файл-завдання для роботи з програмою RECENT для 13-A1- 27 з JENDL-3.3 з похибками лінійаризації 0.1%.
9. Запустіть програму RECENT. Побудуйте перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, перерізи радіаційного поглинання нейтронів, непружного розсіяння на 1-му та 2-му рівнях для 13-A1- 27 з JENDL-3.3 до і після роботи програми RECENT. Поясніть вихідні результати.

Література:

Основна: [1, 2, 7-8].

Додаткова: [2, 5]

Практичне заняття 3. Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO.

Завдання і контрольні запитання:

1. Для чого використовується програма SIGMA1?
2. Порахуйте перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, перерізи радіаційного поглинання нейтронів, непружного розсіяння на 1-му та 2-му рівнях для 13-Al- 27 з JENDL-3.3 при температурі 300 К, 1000 К та 10 000 К. Побудуйте та порівняйте результати до і після роботи програми SIGMA1 та при різних температурах. Поясніть вихідні результати.
3. Поясніть що називають груповими перерізами, для чого використовують функції зважування, які фактори треба враховувати при створенні групової структури?
4. Що таке резонансне самоекранування, повністю екрановані перерізи та нескінченне розбавлення?
5. Для чого використовується програма GROUPIE?
6. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму GROUPIE.
7. Порахуйте групові перерізи для 28 групової БНАБ-ої структури для 13-Al- 27 з JENDL-3.3 для двох варіантів задання "фонових перерізів" (сігма-зіроу). Всі похибки брати 0.1%, температуру 300 К.
8. Побудуйте поточкові перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, переріз радіаційного поглинання нейтронів, отримані з БОЯД та порівняйте наявні експериментальні дані.
9. Побудуйте поточкові та групові перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, перерізи радіаційного поглинання нейтронів, непружного розсіяння на 1-му та 2-му рівнях для 13-Al- 27 з JENDL-3.3. Поясніть вихідні результати.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Повторити теорію ядерних реакцій (моделі для опису диференціальних перерізів реакцій)
2. Формат представлення кутових, енергетичних та енергетично-кутових розподілів вторинних частинок в ENDF/B форматі.
3. Використання коду [LINEAR](#)
4. Обчислення поточкових енергетично-залежних перерізів за допомогою коду [RECENT](#).
5. Врахування ефектів Доплерівського уширення перерізів за допомогою коду [SIGMA1](#).
6. Повторити резонансне самоекранування, функції зважування, групові структури.
7. Обчислення багатогрупових перерізів за допомогою коду GROUPIE.
8. Обчислення багатогрупових самоекранованих перерізів за допомогою коду GROUPIE.
9. Обчислення резонансних інтегралів за допомогою коду GROUPIE.

Література:

Основна: [1, 2, 7, 8, 10]

Додаткова: [1, 2, 5]

Практичне заняття 4. Тема 6. Використання програмного комплексу PREPRO.**Завдання і контрольні запитання:**

1. Побудуйте поточкові перерізи повного нейтронного перерізу, перерізу пружного розсіяння, переріз радіаційного поглинання нейтронів, отримані з усіх наявних на сайті УкрЦЯД БОЯД та порівняйте з наявними в EXFOR експериментальними даними.
2. Порахуйте резонансні інтеграли для 13-Al-27 з усіх наявних на сайті УкрЦЯД БОЯД. Які результати на Ваш погляд можна рекомендувати до використання в інженерних розрахунках?
3. Для чого використовується програма MIXER?
4. Використовуючи сайт УкрЦЯД перенесіть на свій ПК програму MIXER.
5. Створіть 2 бібліотеки, одна з яких вміщує дані для 1-H-1, 5-B-10, 5-B-11, 8-O-16 з JEFF-3.1, інша - дані для природнього заліза, хрому та нікелю з БРОНД-2.
6. Порахуйте повний нейтронний переріз для води (H₂O) при кімнатній температурі в діапазоні енергій від 1e-5 eV до 20 MeV.
7. Побудуйте поточкові перерізи повного нейтронного перерізу H, O та H₂O, отримані з БОЯД та поясніть отримані результати.
8. Порахуйте повний нейтронний переріз для славу, що складається з 78% природнього заліза, 16% хрому та 6% нікелю, при кімнатній температурі в діапазоні енергій від 1e-5 eV до 20 MeV.
9. Побудуйте поточкові перерізи повного нейтронного перерізу природнього заліза, хрому, нікелю та сплаву. Поясніть отримані результати.
10. Порахуйте повний нейтронний переріз для природнього бору при кімнатній температурі в діапазоні енергій від 1e-5 eV до 20 MeV.
11. Побудуйте поточкові перерізи повного нейтронного перерізу ¹⁰B, ¹¹B та природнього бору. Поясніть отримані результати.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Обчислення перерізів для сплавів за допомогою коду MIXER.
2. Обчислення перерізів для хімічних сполук за допомогою коду MIXER.
3. Обчислення перерізів для природніх елементів на основі перерізів ізотопних компонент за допомогою коду MIXER.

Література:

Основна: [1, 2, 10]

Додаткова: [2, 5]

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

МЕТА І ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни.

Важливою складовою самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних робіт.

Виконання індивідуальних робіт має на меті:

- закріплення знань теоретичного курсу;
- набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей);
- напрацювання вмінь та навичок розв'язування фізичних задач;
- навчання ефективному використанню фізико-математичних довідників, енциклопедій (включно з on-line інформацією) і т. ін.

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ теми	Завдання	Література	Форма контролю
1	Ядерні дані та застосування їх для науково-інженерних розрахунків. Центри ядерних даних. Задачі регіональних та національних ЦЯД. Базові та спеціалізовані бібліотек ядерних даних. Інтернетівський доступ до бібліотек ядерних даних.	1, 2, 3	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, робота на ПК.

2	<p>Базові бібліотеки ядерних даних (експериментальні, структури ядра, бібліографічні).</p> <p>Структура бібліотеки оцінених ядерних даних структури ядра ENSDF та основні принципи побудови. CSISRS/EXFOR – бібліотека експериментальних ядерних даних.</p> <p>Структура та основні принципи побудови.</p>	1, 2, 4-6	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, робота на ПК.
3	<p>Загальна структура, вміст БОЯД, ідентифікація матеріалів та реакцій, закони інтерполяції, принцип побудови БОЯД (ENDF/V формат). Формат представлення ОЯД в файлі 1: загально-описова інформація та середні виходи нейтронів при поділі. Формат представлення параметрів резонансів в області розділених та нерозділених резонансів. Формат представлення поточкових нерезонансних перерізів. Проблеми отримання істинних поточкових перерізів. Формат представлення кутових, енергетичних та енергетично-кутових розподілів вторинних частинок (ознайомлення).</p>	1, 2, 7-8	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, робота на ПК.
4	<p>Спеціалізовані проблемно-орієнтовані бібліотеки ядерних даних. Принципи побудови. Основні правила при виборі чи підготовці спеціалізованих бібліотек для проведення науково-інженерних розрахунків.</p>	1, 2, 7-8	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, робота на ПК.

5	<p>Доступ до комп'ютерних програм та програмних комплексів для роботи з БОЯД.</p> <p>Основні та допоміжні програмні продукти для роботи з БОЯД.</p> <p>Верифіковані, ліцензовані програмні продукти.</p> <p>Використання програм з комплекту AUX-2015.</p>	1, 2, 7, 8, 10	<p>Опитування, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач (робота з програмами на ПК) .</p>
6	<p>Використання коду LINEAR для проведення лінійаризації перерізів реакцій.</p> <p>Використання коду RECENT для обчислення поточкових енергетично-залежних перерізів.</p> <p>Використання коду SIGMA1 для врахування ефектів Доплерівського уширення перерізів для будь-якої потрібної в задачі температури.</p> <p>Використання коду GROUPIE для обчислення неекранованих багатогрупових перерізів, самоекранованих багатогрупових перерізів.</p> <p>Обчислення перерізів для сплавів, хімічних сполук та природніх елементів на основі перерізів ізотопних компонент. Використання коду MIXER</p>	1, 2, 7, 8, 10	<p>Опитування, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач (робота з програмами на ПК) .</p>
7	<p>Структура побудови програмного комплексу NJOY.</p> <p>Використання модулів MODER, MODER, RECONR, BROADR. UNRESR, GROUPE, GAMINR, ACER з програмного комплексу NJOY.</p>	11, 12	<p>Опитування, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач (робота на ПК).</p>

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Підготовка до поточних практичних занять	9
2.	Виконання поточних практичних завдань	9
3.	Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури	14
4.	Індивідуальні консультації з викладачем	2
	ВСЬОГО	34

Завдання (задачі, вправи) для самостійної роботи

1. ENDF/B-VII.1 11-NA- 23

Чи ділиться ядро?

Чи є область розділених та/чи нерозділених резонансів?

Якщо є, які формалізми використовуються?

Який спін ядра 11-NA- 23?

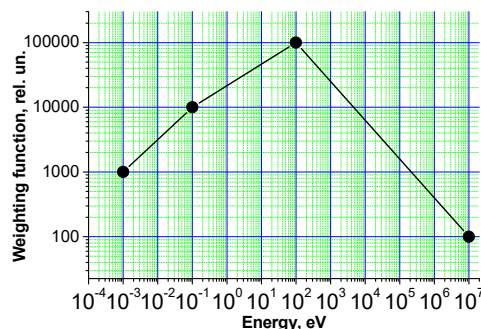
Радіус пот. розсіяння?

Скільки резонансів, скільки хвиль? Чи для всіх можливих станів (кутових моментів) задано інформацію про резонанси?

Енергія резонансу, повна, нейтронна, гамма ширини?

2. JEFF-3.2 68-Er-162

Порахувати усереднений повний нейтронний переріз в області 0.005 eV - 7 MeV для температури 300 K з точністю 1%. Спектр зважування задано на графіку. Побудувати графічно поточкові та груповий переріз.



3. JENDL-4.0 24-CR- 52

2 групи: $E1_{\text{мін}}=0.01\text{eV}$, $E1_{\text{макс}}=1\text{keV}$, $E2_{\text{мін}}=1\text{keV}$, $E2_{\text{макс}}=1\text{MeV}$, спектр зважування – незалежний від енергії.

Порахувати усереднені групові перерізи для реакції n,tot (точність 0.1%,

$t=90^{\circ}\text{C}$). Побудувати поточкові та групові перерізи.

Які фактори резонансного самоекранування для цих двох груп при $\text{Sigma-0}=1/4$?

4. CENDL-3.1 11-NA- 23

Чи ділиться ядро?

Чи є область розділених та/чи нерозділених резонансів?

Якщо є, які формалізми використовуються?

Який спін ядра 11-NA- 23?

Радіус пот. розсіяння?

Скільки резонансів, скільки хвиль? Чи для всіх можливих станів (кутових моментів) задано інформацію про резонанси?

Енергія резонансу, повна, нейтронна, гамма ширини?

5. JEFF-3.2 19-K – 41

3 групи: $E_{1\text{мін}}=0.0001\text{eV}$, $E_{1\text{макс}}=1\text{eV}$, $E_{2\text{мін}}=1\text{eV}$, $E_{2\text{макс}}=1\text{keV}$, $E_{2\text{мін}}=1\text{keV}$, $E_{2\text{макс}}=20\text{MeV}$ спектр зважування – незалежний від енергії. Порахувати усереднені групові перерізи для реакції n,e1 (точність 1%, $t=190^{\circ}\text{C}$).

Побудувати поточкові та групові перерізи.

Які фактори резонансного самоекранування для цих 3-х груп при $\text{Sigma-0}=1$?

6. ROSFOND-2010 Порахувати переріз n, γ NaCl (точність 0.1%, $t=20^{\circ}\text{C}$).

Побудувати графіки цих перерізів для Na, Cl та NaCl. Чи вірно пораховано переріз?

Які перерізи для Na, Cl та NaCl при енергії налітаючих нейтронів, що називають «тепловою точкою»?

7. BROND-2_2 92- U - 235

Чи ділиться ядро?

Чи є область розділених та/чи нерозділених резонансів?

Якщо є, які формалізми використовуються?

Який спін ядра 92- U - 235?

Радіус пот. розсіяння?

Скільки резонансів, скільки хвиль? Чи для всіх можливих станів (кутових моментів) задано інформацію про резонанси?

Енергія резонансу, повна, нейтронна, гамма, ... ширини?

8. ENDF/B-VII.1 Порахувати переріз n, γ H₂O (точність 0.1%, $t=30^{\circ}\text{C}$).

Побудувати графіки цих перерізів для H, O-16 та O-17. Порахувати усереднений груповий переріз $E_{1\text{мін}}=1\text{eV}$, $E_{1\text{макс}}=1\text{keV}$, , спектр

зважування – 1/E. Побудувати поточкові та групові перерізи на одному графіку. Які фактори резонансного самоекранування для цих двох груп

при $\text{Sigma-0}=1/8$?

9. ENDF/B-VII.1 Порахувати переріз n, f для U_2O_3 (точність 0.1%, $t=30^{\circ}C$ та $300^{\circ}C$). Побудувати графіки цих перерізів для U-235, U-238, O-16 та O-17 при різних температурах. Пояснити графіки.

VI. ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

МЕТА І ФОРМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ

Мета поточного контролю – оцінити ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та рівень знань студентів з відповідних розділів дисципліни.

Рівень поточних знань оцінюється в балах по кожному із передбачених видів практичних завдань окремо:

- володіння теоретичним матеріалом;
- розуміння сутності фізичних явищ;
- вміння робити оцінки за порядком величин;
- розв’язання задач аналітичного характеру;
- розв’язання задач обчислювального характеру.

Згідно до методики рейтингової оцінки поточний рейтинг аспіранта розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань, колоквиуму та контрольної роботи (плюс показники відвідування лекційних та практичних занять) і нараховується протягом семестру.

Аспіранти, поточні знання яких оцінені на “незадовільно” (0-29 балів), вважаються не атестованими і до іспиту з дисципліни не допускаються. Аспіранти, які за роботу в семестрі та на іспиті набрали 30-59 балів мають право на перескладання.

МЕТА І ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Підсумковий контроль знань здійснюється наприкінці семестру шляхом складання іспиту.

До іспиту допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Іспит проводиться в змішаній формі, по завданнях які складені на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення іспиту дозволяється користуватися конспектом.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

1. Які є регіональні центри ядерних даних?
2. Задачі регіональних центрів ядерних даних?
3. Яку інформацію можна отримати, використовуючи сайти регіональних центрів ядерних даних?
4. Які є національні центри ядерних даних? Задачі національних ЦЯД?
5. Яку інформацію можна отримати, використовуючи сайти національних ЦЯД?
6. Структура сайту Українського центру ядерних даних (УкрЦЯД)? Інформаційне наповнення сайту УкрЦЯД? Задачі УкрЦЯД?
7. Які базові та спеціалізовані БЯД можна отримати, використовуючи сайти центрів ядерних даних? Як це зробити?
8. Яка інформація в бібліотеці CSISRS/EXFOR?
9. Яка інформація в бібліотеці ENSDF?
10. Яка інформація в CINDA, NSR?
11. Як ідентифікуються нукліди в БОЯД?
12. Що є ознакою кінця секції, файлу, матеріалу, бібліотеки? Скільки файлів може бути для нукліда в БОЯД, як вони впорядковані, яка інформація в кожному файлі?
13. Які закони інтерполяції застосовуються в БОЯД, навіщо?
14. Яка інформація записана в MF=1 MT=452?
15. Яка інформація записана в MF=1 MT=455?
16. Яка інформація записана в MF=1 MT=456?
17. Яка інформація записана в MF=1 MT=458?
18. Які моделі використовуються в БОЯД для представлення параметрів резонансів в області розділених резонансів?
19. Які моделі використовуються в БОЯД для представлення параметрів резонансів в області нерозділених резонансів?
20. Яка інформація записана в 3-му файлі БОЯД?
21. Чи можливо отримати інформацію щодо парціальних перерізів взаємодії нейтронів з нуклідом безпосередньо з БОЯД (без проведення розрахунків)?
22. Які моделі використовуються в БОЯД для представлення кутових розподілів вторинних частинок?
23. Які моделі використовуються в БОЯД для представлення енергетичних розподілів вторинних частинок?
24. Які моделі використовуються в БОЯД для представлення енергетично-кутових розподілів вторинних частинок?
25. Як отримати диференціальні перерізи розсіяння вторинних частинок з БОЯД?
26. Поясніть чим відрізняються базові БЯД від проблемно-орієнтованих бібліотек ядерних даних. Наведіть приклади найбільш відомих спеціалізованих бібліотек.
27. Доступ до комп'ютерних програм та програмних комплексів для роботи з БОЯД.

28. Основні та допоміжні програмні продукти для роботи з БОЯД.
29. Для чого використовується програма CR-LIB?
30. Для чого використовується програма PD-ORI?
31. Для чого використовуються програми LIN, REC, SIG, GRO, MIX?
33. Для чого використовується програма LINEAR?
34. Для чого використовується програма RECENT?
35. Для чого використовується програма SIGMA1?
36. Поясніть що називають груповими перерізами, для чого використовують функції зважування, які фактори треба враховувати при створенні групової структури?
37. Що таке резонансне самоекранування, повністю екрановані перерізи та нескінченне розбавлення?
38. Для чого використовується програма GROUPIE?
39. Для чого використовується програма MIXER?
40. Структура побудови програмного комплексу NJOY?
41. Для чого використовуються модулі MODER, MODER, RECONR, BROADR, UNRESR, GROUPR, GAMINR, ACER з програмного комплексу NJOY?
42. Порахувати для заданого нукліда заданий усереднений нейтронний переріз в заданій області для заданої температури з заданою точністю 1%. Побудувати графічно поточкові та груповий переріз.
42. Порахувати для заданої композиції матеріалів заданий усереднений нейтронний переріз в заданій області для заданої температури з заданою точністю 1%. Побудувати графічно поточкові перерізи.

VII. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ СТУДЕНТІВ, УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Рівень поточних знань аспірантів оцінюється відповідно до методики рейтингової оцінки. Сутність методики полягає у визначенні поточного рейтингу студента, що розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань та результатами самостійної роботи і наращується протягом семестру.

<i>Вид роботи</i>	<i>Обсяг за семестр</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 4 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Розв'язування задач</i>	<i>2</i>	<i>Кожне правильне розв'язання – 5 балів. Всього за семестр – 10 балів</i>
<i>Проведення колоквиуму та контрольної роботи</i>	<i>1</i>	<i>Кожне правильне розв'язання завдання – 5 балів. Всього за колоквиум та контрольну роботу – 10 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	<i>16</i>	<i>Кожна відвідана лекція – 1 бал. Всього за семестр – 16 балів</i>
<i>Відвідування семінарів</i>	<i>14</i>	<i>Кожний відвіданий семінар – 1 бал. Всього за семестр – 14 балів</i>
<i>Сукупний рейтинг</i>	<i>-</i>	<i>60 балів</i>

КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ІСПИТУ (ЗАЛІКУ)

Кожне завдання для проведення іспиту (заліку) має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин.

Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40. Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці .

Критерії складання іспиту (заліку)

<i>Характеристика відповіді по варіанту</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді</i>	<i>30</i>
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задач</i>	<i>10</i>
<i>ВСЬОГО</i>	<i>40 балів</i>

За результатами складання іспиту (заліку) якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS

Таблиця

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS.

За шкалою університету	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	4 (добре)		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
30 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 29			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)