

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора з наукової роботи

В. В. Давидовський
« 5 » 07 2023 р.



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ

***СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА
І ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ***

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 проблеми фізики атомного ядра і ядерних реакцій: Навчально-методичний комплекс дисципліни. – Київ: ІЯД НАНУ, 2023. - 27 с.

Укладач: Денисов В.Ю., член-кореспондент НАН України, професор,
доктор фізико-математичних наук

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 ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА
І ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ

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 проблеми фізики атомного ядра і ядерних реакцій» 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 проблеми фізики атомного ядра і ядерних реакцій» є необхідною складовою є складовою вибіркового 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. Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом ядерної фізики та ядерних реакцій, властивостями ядерної матерії, теоретичними моделями для опису структури ядер, ядерних реакції, поділу ядер, гігантських мультипольних резонансів, альфа-розпаду, емісії частинок та кластерів з ядер, крапельної, статистичної та оптичної моделей ядер та ядерних реакцій, злиття ядер, властивостями надважких ядер та ядро-ядерного потенціалу, а також, теоретичними методами розрахунку цих величин.

Курс «Сучасні проблеми фізики атомного ядра і ядерних реакцій» викладається на 2 або 3 році навчання в весняному семестрі та розрахований на 16 навчальних тижнів (по 2 ауд. год. щотижня; лекції). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 32 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (92 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 120 (4 кредити ЄКТС).

Мета дисципліни – ознайомлення аспірантів з основними положеннями ядерної фізики та ядерних реакцій, властивостями ядерної матерії, теоретичними моделями для опису структури ядер та ядерних реакції.

Завдання – сформулювати у аспірантів базові знання про властивості ядерної матерії, основні явища структури ядер та основні типи ядерних реакції, сформулювати вміння теоретичного опису ядерних систем та взаємодії ядер.

Структура курсу

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

Знати: Основні поняття про структуру ядер та ядерних реакцій. Методи теоретичного опису властивостей основних та збуджених станів ядер. Методи розрахунку ядерних реакцій.

Вміти: Описувати та класифікувати різноманітні збуджені стани ядер. Описувати та класифікувати різноманітні ядерні реакції. Використовувати в розрахунках закони збереження та властивості нуклон-нуклонної взаємодії. Орієнтуватися у доборі спеціальної сучасної наукової літератури та самостійно працювати з нею.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «Сучасні проблеми

фізики атомного ядра і ядерних реакцій» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни «**Сучасні проблеми фізики атомного ядра і ядерних реакцій»** використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики, електродинаміки, атомної фізики, статистичної фізики, квантової механіки, основ ядерної фізики та ядерних реакцій.

II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індиві- дуальна робота	Консуль- тації
	Розділ (змістовний модуль) 1. Основні властивості ядер та наближення для їх опису	-	-	-	-	-
	Тема 1. Вступ. Наближення для опису структури ядер.	8	2	-	6	-
	Тема 2. Силі між нуклонами у ядрах.	8	2	-	6	-
	Тема 3. Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона.	8	2	-	6	-
	Тема 4. Розподіл нуклонів у ядрах.	8	2	-	6	-
	Тема 5. Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.	8	2	-	6	-
	Тема 6. Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.	8	2	-	6	-
	Всього по розділу 1	48	12	0	36	-
	Розділ (змістовний модуль) 2. Ядерні реакції та розпад ядер					
	Тема 7. Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно- ядерного потенціалу.	8	2	-	6	-
	Тема 8. Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.	8	2	-	6	-
	Тема 9. Злиття ядер.	8	2	-	6	-
	Тема 10. Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.	8	2	-	6	-
	Тема 11. Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.	8	2	-	6	-
	Тема 12. Реакції обміну нуклонами між ядрами.	8	2	-	6	-
	Тема 13. Статистичний розпад ядер	8	2		6	
	Тема 14. Поділ ядер: відкриття та основні властивості.	8	2		6	
	Тема 15. Властивості уламків поділу.	8	2		6	
	Тема 16. Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.	8	2	-	6	-
	Всього по розділу 2	80	20	-	60	-
	Іспит	-	-	-	-	2

Всього	130	32	-	96	2
---------------	-----	----	---	----	---

ЗМІСТ КУРСУ

Розділ (змістовний модуль) 1. Основні властивості ядер та наближення для їх опису

ТЕМА 1. Вступ. Наближення для опису структури ядер. Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

Опис дисципліни. Мета і завдання курсу. Наближення Томаса-Фермі. Наближення модифікованого Томаса-Фермі. Наближення Хартрі-Фоку. Основні властивості ядра та ядерної матерії.

ТЕМА 2. Силі між нуклонами у ядрах.

Сили Скірма, Гоньї, МЗУ, модифіковані МЗУ. Розрахунки властивостей ядер за допомогою різноманітних сіл у різних наближеннях.

Тема 3. Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона. Теорія оболонкових поправок. Деформація ядер, маси ядер, бар'єри поділу.

Тема 4. Розподіл нуклонів у ядрах.

Зарядовий розподіл у ядрах. Моделі для обчислення розподілу нуклонів у ядрах. Розподіл нуклонів у ядрах видалених від лінії бета-стабільності. Розподіл нуклонів у ядрах та властивості ядерно-ядерної взаємодії.

Тема 5. Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.

Вібраційна–обертальна модель ядер з квадрупольною та октупольною деформацією. Підсилені дипольні переходи у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією. Поляризаційний дипольний момент у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією. Атомні кластери з квадрупольною та октупольною деформацією.

Тема 6. Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.

Гігантській дипольний резонанс: відкриття та прости теорії. Ізоскалярні гігантські монопольний, дипольний, квадрупольний та октупольний резонанси. Ізовекторні гігантські монопольний, дипольний, та квадрупольний резонанси. Перехідна густина, граничні умови, зв'язок зі стискальністю ядерної матерії та енергією симетрії. Властивості ядерної матерії.

Розділ (змістовний модуль) 2. Ядерні реакції та розпад ядер

Тема 7. Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно-ядерного потенціалу.

Різноманітні феноменологічні наближення для ядерно-ядерного потенціалу. Потенціали між сферичними ядрами, між сферичним та деформованим ядром та між двома деформованими ядрами.

Тема 8. Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.

Райдужне розсіяне, розсіяне з урахуванням відштовхувального кору у ядерно-ядерно потенціалу.

Тема 9. Злиття ядер.

Переріз злиття, ядерно-ядерний потенціал. Роль деформації, орієнтації та нуклонних передач у під бар'єрному злитті.

Тема 10. Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.

Об'єднана модель альфа-розпаду та альфа-захоплення. Альфа переходи між основними та між основними та збудженими станами ядер. Альфа-ядерний потенціал. Полуемпіричні співвідношення для розрахунків часу життя для альфа-розпаду.

Тема 11. Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.

Експериментальні та теоретичні дослідження процесу кластерного розпаду. Основні феноменологічні і теоретичні закономірності кластерного розпаду. Одно- та дву-протонний розпад ядер.

Тема 12. Реакції обміну нуклонами між ядрами.

Осциляції кутового розподілу пов'язані з обміном нуклонів між ядрами при розсіяні. Глибоконепружне розсіяне ядер.

Тема 13. Статистичний розпад ядер.

Статистична теорія розпаду компаунд ядра. Випаровування нейтронів, протонів, альфа частинок з компаунд ядра та ширини відповідних процесів. Статистичний поділ ядра.

Тема 14. Поділ ядер: відкриття та основні властивості.

Відкриття індукованого та спонтанного поділу. Енергія зв'язку ядер. Енергетичні умови поділу. Крапельна модель поділу. Залежність поверхневої та кулонівської енергій ядра від деформації ядра. Бар'єр поділу. Одновимірні та багатовимірні потенційна енергія ядер, що діляться. Залежність висоти бар'єру від деформаційного простору. Теорія оболонкових поправок. Деформація ядер, маси ядер, бар'єри поділу. Бар'єр поділу та оболонкові поправки. Двогорбий бар'єр.

Тема 15. Властивості уламків поділу.

Розподіл енергії при поділі ядер. Кінетична енергія уламків, деформаційна енергія осколків та число нейтронів, що випромінені уламками, гама-кванти, що випромінені при поділі ядер. Симетричний та асиметричний поділ. Багатомодовий поділ та відповідні потенційні поверхні. Розподіл уламків поділу від числа нуклонів та заряду. Залежність розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду від енергії збудження ядра. Моделювання розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду. Затриманий поділ. Затримані нейтрони. Часове уявлення різноманітних процесів при поділі ядра.

Тема 16. Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.

Експерименти з важкими іонами на прискорювачах у Дармштадті, Німеччина та Дубні, Росія. Структура надважких елементів, магічні числа, бар'єри поділу, моди розпаду.

Література

Основна

1. В.Ю. Денисов, В. А. Плюйко. Проблемы физики атомного ядра и ядерных реакций / Київ: Київський університет, 2013.
2. Б. И. Барц, Ю. Л. Гончар, Е. В. Инопин, В. Ю. Гончар. Метод Хартри-Фока в теории ядра / Київ: Наукова думка, 1982.
3. В. В. Волков. Ядерные реакции глубокоэластичных передач / Москва: Энергоиздат, 1982.

Додаткова

1. І. М. Каденко, В. А. Плюйко. Фізика атомного ядра та частинок / Київ: Київський університет, 2008.
2. Л. А. Булавін, В. К. Тартаковський. Ядерна фізика / Київ: Київський університет, 2002.
3. В. М. Коломиец. Приближение локальной плотности в атомной и ядерной физике / Київ: Наукова Думка, 1990.
4. В. Г. Соловьев. Теория атомного ядра: ядерные модели / Москва: Атомиздат, 1981.
5. А. Г. Ситенко. Теория рассеяния / Київ: Вища школа, 1975.
6. В. М. Соколов. Плотность уровней атомных ядер. – Москва: Атомиздат. 1985.
7. К. Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. Т. II. Физика элементарных частиц. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА І ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ

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: 4 * дисципліна може викладатися на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі	Кількість годин: Загальна: 130 Лекції: 32 Практичні заняття: 0 Консультація 2 Самостійна робота: 96 Вид підсумкового контролю: іспит

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

Укладач: Денисов В.Ю., член-кореспондент НАН України, професор, доктор фізико-математичних наук

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. Класична неідеальна плазма

Заняття 1. ТЕМА 1. Вступ. Наближення для опису структури ядер. Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

План.

1. Опис дисципліни.
2. Мета і завдання курсу.
3. Наближення Томаса-Фермі.
4. Наближення модифікованого Томаса-Фермі.
5. Наближення Хартрі-Фоку.
6. Основні властивості ядра та ядерної матерії.

Література

[1-2]

Заняття 2. ТЕМА 2. Силі між нуклонами у ядрах.

План.

1. Сили Скірма, Гоньї, МЗУ, модифіковані МЗУ.
2. Розрахунки властивостей ядер за допомогою різноманітних сіл у різних наближеннях.

Література

[1-2]

Заняття 3. Тема 3. Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона.

План.

1. Теорія оболонкових поправок.
2. Деформація ядер, маси ядер, бар'єри поділу.

Література

[1-2]

Заняття 4. Тема 4. Розподіл нуклонів у ядрах.

План.

1. Зарядовий розподіл у ядрах.
2. Моделі для обчислення розподілу нуклонів у ядрах.
3. Розподіл нуклонів у ядрах видалених від лінії бета-стабільності.
4. Розподіл нуклонів у ядрах та властивості ядерно-ядерної взаємодії.

Література

[1-2]

Заняття 5. Тема 5. Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.

План.

1. Вібраційна–обертальна модель ядер з квадрупольною та октупольною деформацією.
2. Підсилені дипольні переходи у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.
3. Поляризаційний дипольний момент у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.
4. Атомні кластери з квадрупольною та октупольною деформацією.

Література

[1]

Заняття 6. Тема 6. Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.

План.

1. Гігантській дипольний резонанс: відкриття та прости теорії.
2. Ізоскалярні гігантські монопольний, дипольний, квадрупольний та октупольний резонансі.
3. Ізовекторні гігантські монопольний, дипольний, та квадрупольний резонансі.
4. Перехідна густина, граничні умови, зв'язок зі стискальністю ядерної матерії та енергією симетрії.
5. Властивості ядерної матерії.

Література

[1-2]

Заняття 7. Тема 7 Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно-ядерного потенціалу.

План.

1. Різноманітні феноменологічні наближення для ядерно-ядерного потенціалу.
2. Потенціали між сферичними ядрами, між сферичним та деформованим ядром та між двома деформованими ядрами.

Література

[1-2]

Заняття 8. Тема 8. Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.

План.

1. Райдужне розсіяне.
2. Розсіяне з урахуванням відштовхувального кору у ядерно-ядерно потенціалу.

Література

[1]

Заняття 9. Тема 9. Злиття ядер.

План.

1. Переріз злиття, ядерно-ядерний потенціал.
2. Роль деформації, орієнтації та нуклонних передач у під бар'єрному злитті.

Література

[1]

Заняття 10. Тема 10. Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.

План.

1. Об'єднана модель альфа-розпаду та альфа-захоплення.
2. Альфа переходи між основними та між основними та збудженими станами ядер.
3. Альфа-ядерний потенціал.
4. Полуемпіричні співвідношення для розрахунків часу життя для альфа-розпаду

Література

[1]

Заняття 11. Тема 11. Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.

План.

1. Експериментальні та теоретичні дослідження процесу кластерного розпаду.
2. Основні феноменологічні і теоретичні закономірності кластерного розпаду.
3. Одно- та дву-протонний розпад ядер.

Література

[1]

Заняття 12. Тема 12. Реакції обміну нуклонами між ядрами.

План.

1. Осциляції кутового розподілу пов'язані з обміном нуклонів між ядрами при розсіянні.
2. Глибоконепружне розсіяне ядер.

Література

[1-3]

Заняття 13. Тема 13. Статистичний розпад ядер.

План.

1. Статистична теорія розпаду компаунд ядра.
2. Випаровування нейтронів, протонів, альфа частинок з компаунд ядра та ширини відповідних процесів.
3. Статистичний поділ ядра.

Література

[1]

Заняття 14. Тема 14. Поділ ядер: відкриття та основні властивості.

План.

1. Відкриття індукованого та спонтанного поділу.
2. Енергія зв'язку ядер. Енергетичні умови поділу. Крапельна модель поділу. Залежність поверхневої та кулонівської енергій ядра від деформації ядра. Бар'єр поділу.
3. Одновимірна та багатовимірна потенційна енергія ядер, що діляться. Залежність висоти бар'єру від деформаційного простору.

Література

[1]

Заняття 15. Тема 15. Властивості уламків поділу.

План.

1. Розподіл енергії при поділі ядер. Кінетична енергія уламків, деформаційна енергія осколків та число нейтронів, що випромінені уламками, гама-кванти, що випромінені при поділі ядер.
2. Симетричний та асиметричний поділ. Багатомодовий поділ та відповідні потенційні поверхні.
3. Розподіл уламків поділу від числа нуклонів та заряду. Залежність розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду від енергії збудження ядра.
4. Моделювання розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду. 5. Затриманий поділ. Затримані нейтрони. Часове уявлення різноманітних процесів при поділі ядра.

Література

[1]

Заняття 16. Тема 16. Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.

План.

1. Експерименти з важкими іонами на прискорювачах у Дармштадті, Німеччина та Дубні, Росія.
2. Синтез надважких елементів: теоретичні наближення.
3. Структура надважких елементів, магічні числа, бар'єри поділу, моди розпаду.

Література

[1]

IV. 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	<p>Наближення для опису структури ядер.</p> <p>Наближення модифікованого Томаса-Фермі.</p> <p>Наближення Хартрі-Фоку.</p> <p>Основні властивості ядра та ядерної матерії.</p>	[1-2] Д [1-4]	Опитування.
2	<p>Силі між нуклонами у ядрах.</p> <p>Сили Скірма, Гоньї, МЗУ, модифіковані МЗУ.</p> <p>Розрахунки властивостей ядер за допомогою різноманітних сіл у різних наближеннях.</p>	[1-2] Д [1-4]	Опитування.
3	<p>Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона.</p> <p>Теорія оболонкових поправок.</p> <p>Деформація ядер, маси ядер, бар'єри поділу.</p>	[1-2] Д [1-4]	Опитування.
4	<p>Розподіл нуклонів у ядрах.</p> <p>Зарядовий розподіл у ядрах.</p> <p>Моделі для обчислення розподілу нуклонів ядрах.</p> <p>Розподіл нуклонів у ядрах видалених від лінії бета-стабільності.</p> <p>Розподіл нуклонів у ядрах та властивості ядерно-ядерної взаємодії.</p>	[1-2] Д [1-4]	Опитування.

5	<p>Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.</p> <p>Вібраційна–обертальна модель ядер з квадрупольною та октупольною деформацією.</p> <p>Підсилені дипольні переходи у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.</p> <p>Поляризаційний дипольний момент у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.</p> <p>Атомні кластери з квадрупольною та октупольною деформацією.</p>	[1]	Опитування.
6	<p>Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.</p> <p>Гігантській дипольний резонанс: відкриття та прости теорії.</p> <p>Ізоскалярні гігантські монопольний, дипольний, квадрупольний та октупольний резонансі.</p> <p>Ізовекторні гігантські монопольний, дипольний, та квадрупольний резонансі.</p> <p>Перехідна густина, граничні умови, зв'язок зі стискальністю ядерної матерії та енергією симетрії.</p> <p>Властивості ядерної матерії.</p>	[1-2] Д [1-4]	Опитування.

7	<p>Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно-ядерного потенціалу.</p> <p>Різноманітні феноменологічні наближення для ядерно-ядерного потенціалу.</p> <p>Потенціали між сферичними ядрами, між сферичним та деформованим ядром та між двома деформованими ядрами.</p>	[1] Д [1-5]	Опитування.
8	<p>Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.</p> <p>Райдужне розсіяне.</p> <p>Розсіяне з урахуванням відштовхувального кору у ядерно-ядерно потенціалу.</p>	[1] Д [5]	Опитування.
9	<p>Злиття ядер.</p> <p>Переріз злиття, ядерно-ядерний потенціал.</p> <p>Роль деформації, орієнтації та нуклонних передач у під бар'єрному злитті.</p>	[1] Д [5]	Опитування.
10	<p>Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.</p> <p>Об'єднана модель альфа-розпаду та альфа-захоплення.</p> <p>Альфа переходи між основними та між основними та збудженими станами ядер.</p> <p>Альфа-ядерний потенціал.</p> <p>Полуемпіричні співвідношення для розрахунків часу життя для альфа-розпаду.</p>	[1]	Опитування.

11	<p>Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.</p> <p>Експериментальні та теоретичні дослідження процесу кластерного розпаду.</p> <p>Основні феноменологічні і теоретичні закономірності кластерного розпаду.</p> <p>Одно- та дву-протонний розпад ядер.</p>	[1]	Опитування.
12	<p>Реакції обміну нуклонами між ядрами.</p> <p>Осциляції кутового розподілу пов'язані з обміном нуклонів між ядрами при розсіянні.</p> <p>Глибоконепружне розсіяне ядер.</p>	[1,3] Д [5]	Опитування.
13	<p>Статистична теорія розпаду компаунд ядра.</p> <p>Випаровування нейтронів, протонів, альфа частинок з компаунд ядра та ширини відповідних процесів.</p> <p>Статистичний поділ ядра.</p>	[1]	Опитування.
14	<p>Відкриття індукованого та спонтанного поділу.</p> <p>Енергія зв'язку ядер. Енергетичні умови поділу. Крапельна модель поділу. Залежність поверхневої та кулонівської енергій ядра від деформації ядра. Бар'єр поділу.</p> <p>Одновимірні та багатовимірні потенційні енергії ядер, що діляться. Залежність висоти бар'єру від деформаційного простору.</p>	[1]	Опитування.

15	<p>Розподіл енергії при поділі ядер. Кінетична енергія уламків, деформаційна енергія осколків та число нейтронів, що випромінені уламками, гама-кванти, що випромінені при поділі ядер.</p> <p>Симетричний та асиметричний поділ. Багатомодовий поділ та відповідні потенційні поверхні.</p> <p>Розподіл уламків поділу від числа нуклонів та заряду. Залежність розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду від енергії збудження ядра.</p> <p>Моделювання розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду.</p> <p>Затриманий поділ. Затримані нейтрони. Часове уявлення різноманітних процесів при поділі ядра.</p>	[1]	Опитування.
16	<p>Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.</p> <p>Синтез надважких елементів: теоретичні наближення.</p> <p>Експерименти з важкими іонами на прискорювачах у Дармштадті, Німеччина та Дубні, Росія.</p> <p>Структура надважких елементів, магічні числа, бар'єри поділу, моди розпаду.</p>	[1]	Опитування.

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

<i>№</i>	<i>Назва теми</i>	<i>Кількість годин</i>
1.	<i>Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури</i>	96
	<i>ВСЬОГО</i>	96

Теми для рефератів та доповідей

1. Сучасні наближення для опису структури ядер.
2. Силі між нуклонами у ядрах.
3. Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона.
4. Розподіл нуклонів у ядрах.
5. Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.
6. Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.
7. Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно-ядерного потенціалу.
8. Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.
9. Злиття ядер.
10. Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.
11. Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.
12. Реакції обміну нуклонами між ядрами.
13. Статистичний розпад ядер.
14. Поділ ядер: відкриття та основні властивості.
15. Властивості уламків поділу.
16. Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.

V. 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.

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 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. Сучасні наближення для опису структури ядер.
2. Наближення модифікованого Томаса-Фермі.
3. Наближення Хартрі-Фоку.
4. Основні властивості ядра та ядерної матерії.
5. Силі між нуклонами у ядрах.
6. Сили Скірма, Гоньї, МЗУ, модифіковані МЗУ.
7. Розрахунки властивостей ядер за допомогою різноманітних сіл у різних наближеннях.

8. Наближення середнього поля, потенціал Вудса-Саксона.
9. Теорія оболонкових поправок.
10. Деформація ядер, маси ядер, бар'єри поділу.
11. Розподіл нуклонів у ядрах.
12. Зарядовий розподіл у ядрах.
13. Моделі для обчислення розподілу нуклонів ядрах.
14. Розподіл нуклонів у ядрах видалених від лінії бета-стабільності.
15. Розподіл нуклонів у ядрах та властивості ядерно-ядерної взаємодії.
16. Ядра з октупольною деформацією та ротаційні спектри.
17. Вібраційна–обертальна модель ядер з квадрупольною та октупольною деформацією.
18. Підсилені дипольні переходи у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.
19. Поляризаційний дипольний момент у ядрах з квадрупольною та октупольною деформацією.
20. Атомні кластери з квадрупольною та октупольною деформацією.
21. Гігантські мультипольні резонанси у ядрах.
22. Гігантській дипольний резонанс: відкриття та прости теорії.
23. Ізоскалярні гігантські монопольний, дипольний, квадрупольний та октупольний резонанси.
24. Ізовекторні гігантські монопольний, дипольний, та квадрупольний резонанси.
25. Перехідна густина, граничні умови, зв'язок зі стискальністю ядерної матерії та енергією симетрії.
26. Властивості ядерної матерії.
27. Сучасні мікроскопічні моделі для розрахунків ядерно-ядерного потенціалу.
28. Різноманітні феноменологічні наближення для ядерно-ядерного потенціалу.
29. Потенціали між сферичними ядрами, між сферичним та деформованим ядром та між двома деформованими ядрами.
30. Пружне розсіяне ядер та ядерно-ядерний потенціал.
31. Райдужне розсіяне.
32. Розсіяне з урахованням відштовхувального кору у ядерно-ядерно потенціалу.
33. Злиття ядер.
34. Переріз злиття, ядерно-ядерний потенціал.
35. Роль деформації, орієнтації та нуклонних передач у під бар'єрному злитті.
36. Альфа-розпад: експериментальні дослідження та сучасні наближення для опису.
37. Об'єднана модель альфа-розпаду та альфа-захоплення.
38. Альфа переходи між основними та між основними та збудженими станами ядер.

39. Альфа-ядерний потенціал.
40. Полуемпіричні співвідношення для розрахунків часу життя для альфа-розпаду.
41. Кластерний розпад – новий вид радіоактивності.
42. Експериментальні та теоретичні дослідження процесу кластерного розпаду.
43. Основні феноменологічні і теоретичні закономірності кластерного розпаду.
44. Одно- та дву-протонний розпад ядер.
45. Реакції обміну нуклонами між ядрами.
46. Осциляції кутового розподілу пов'язані з обміном нуклонів між ядрами при розсіянні.
47. Глибоконепружне розсіяне ядер.
48. Статистична теорія розпаду компаунд ядра.
49. Випаровування нейтронів, протонів, альфа частинок з компаунд ядра та ширини відповідних процесів.
50. Статистичний поділ ядра. Відкриття індукованого та спонтанного поділу.
51. Енергія зв'язку ядер. Енергетичні умови поділу. Крапельна модель поділу.
52. Залежність поверхневої та кулонівської енергій ядра від деформації ядра. Бар'єр поділу. Одновимірний та багатовимірний потенційна енергія ядер, що діляться. Залежність висоти бар'єру від деформаційного простору.
53. Розподіл енергії при поділі ядер. Кінетична енергія уламків, деформаційна енергія осколків та число нейтронів, що випромінені уламками, гама-кванти, що випромінені при поділі ядер.
54. Симетричний та асиметричний поділ. Багатомодовий поділ та відповідні потенційні поверхні.
55. Розподіл уламків поділу від числа нуклонів та заряду. Залежність розподілу уламків поділу від числа нуклонів та заряду від енергії збудження ядра.
56. Синтез надважких елементів: сучасні експериментальні досягнення та моделі опису структури та синтезу надважких ядер.
57. Експерименти з важкими іонами на прискорювачах у Дармштадті, Німеччина та Дубні, Росія.
58. Структура надважких елементів, магичні числа, бар'єри поділу, моди розпаду.

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

Рівень поточних знань студентів 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 р</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	<i>8</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 8 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	<i>16</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	<i>36</i>	<i>Кожна відвідана лекція – 2 бал. Всього за семестр – 36 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 задачі</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)