

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА
І ЯДЕРНИХ РЕАКЦІЙ»

Галузь знань	10 - <i>Природничі науки</i>
Спеціальність	104 – <i>Фізика та астрономія</i>
Освітня програма	<i>Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу</i>
Освітній рівень	доктор філософії
Статус дисципліни	<i>Фаховий / Вибірковий</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Курс / семестр	<i>II-III курс, 1 (2) семестр</i>
Кількість кредитів ЄКТС	<i>2 кредити ЄКТС</i>
Розподіл за видами занять та годинами навчання	<i>Лекції – 28 год.</i>
	<i>Практичні (семінарські) – 0 год.</i>
	<i>Лабораторні – 0 год.</i>
	<i>Самостійна робота – 30 год.</i>
Форма підсумкового контролю	<i>Іспит</i>
Відділ	<i>Відділ структури ядра, ІЯД НАН України, корп. 101, к.321</i>
Викладач (-і)	<i>Денисов Віталій Юрійович, зав.від.,проф., д.ф.-м.н.,чл.-кор.</i>
Контактна інформація викладача (-ів)	<i>denisov@kinr.kiev.ua, +380-50-351-0083</i>
Дні занять	<i>За розкладом</i>
Консультації	<i>Дистанційні, за домовленістю з ініціативи здобувача, групові</i>

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета навчальної дисципліни - формування у аспірантів компетентностей у галузі ядерної фізики, що застосовуються при аналізі характеристик поділу та уламків поділу.

Предмет навчальної дисципліни – ядерна фізика.

Компетентності

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері фізики, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики. Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у галузі управління та адміністрування, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики, застосовувати новітні методології наукової та педагогічної діяльності, здійснювати власні наукові дослідження.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та

СК04. Здатність організовувати та здійснювати науково-педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії.

СК05. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проекти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організовувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

Програмні результати навчання

РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН02. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку фізики та/або астрономії, а також дотичних міждисциплінарних напрямів.

РН06. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проектні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проектів.

РН10. Мати навички захисту прав інтелектуальної власності.

РН11. Організовувати освітній процес і проводити педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії, забезпечувати відповідне наукове, навчально-методичне та нормативне

Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти повинен: вивчити теоретичні основи теорії поділу та формування уламків поділу; **знати** основні характеристики процесу поділу властивості уламків поділу; **вміти** провести аналіз процесу поділу, основних характеристик процесу поділу та уламків поділу.

Передумови для навчання

Перелік попередньо прослуханих дисциплін / Знання, вміння, навички, якими повинен володіти здобувач, щоб приступити до вивчення дисципліни

Для успішного засвоєння дисципліни аспірант повинен знати загальну фізику, ядерну фізику, радіаційну фізику та квантову механіку. Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Сучасні проблеми фізики атомного ядра I ядерних реакцій», є необхідними для розуміння світових тенденцій вирішення сучасних проблем фізичних досліджень у ядерній фізиці.

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 1 розділу:

Розділ 1. Поділ ядер.

Матеріально-технічне (програмне) забезпечення дисципліни

Для виконання практичних завдань за темою курсу потрібен персональний комп'ютер. Можна вважати, що ця вимога легко задовольняється для аспірантів ІЯД НАН України у тих відділах, де виконується наукова робота (навіть якщо аспірант не має ані особистого комп'ютера вдома, ані ноутбука). Отже, кожний відділ у змозі створити аспірантові достатні умови для виконання завдань курсу.

Рекомендовані джерела

Базова література:

1. К. Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. Т. II. Физика элементарных частиц. – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.
2. Л. А. Булавін, В. К. Тартаковський. Ядерна фізика. – Київ: Знання, 2005.
3. В. Ю. Денисов, В. А. Плюйко. Проблемы физики атомного ядра и ядерных реакций. – Киев: ВПЦ Київ. унів., 2013.
4. И. М. Капитонов. Введение в физику ядра и частиц. – Москва: УРСС, 2002.
5. І. М. Каденко, В. А. Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок. – Киев: ВПЦ Київ. унів., 2008.
6. Э. Хайд, И. Перлман, Г. Сиборг. Ядерные свойства тяжелых элементов. Вып. "Деление ядер". – Москва: Атомиздат, 1969.
7. Дж. Халперн. Физика деления. – Москва: Физматгиз. 1961
8. Л. Уилетс. Теория ядерного деления. Москва: Атомиздат, 1967.
9. В. В. Варламов, Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Фотоядерные реакции. Современный статус экспериментальных данных. – Москва: Университетская книга, 2008
10. С. Г. Кадменский, Л.В. Титова, Квантовая теория двойного и тройного деления. – Воронеж, Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2007.
11. В. М. Соколов. Плотность уровней атомных ядер. – Москва: Атомиздат. 1985.
12. С. М. Поликанов. Изомерия формы атомных ядер. – Москва: Атомиздат, 1977.
13. И. Н. Бекман, Ядерная индустрия. – Москва: МГУ, 2005.
14. Ю. П. Гангровский, Б. Н. Марков, В. П. Перелыгин. Регистрация и спектрометрия осколков деления. – Москва, Энергоатомиздат, 1992.
15. V. Yu. Denisov, O. A. Belyanovska, V. P. Khomenkov, I. Yu. Sedykh, K. M. Sukhyu, Influence of the nuclear part of the nuclei interaction potential to the mass yields of fragments from fission of highly-excited nuclei, International Journal of Modern Physics E, 2018, v. 27, 1850002 (7 pages). DOI: 10.1142/S0218301318500027
16. V. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Calculation of the fission width of an excited nucleus with the fission barrier dependent on excitation energy, Physical Review C, 2018, v. 98, 024601 (7 pages). DOI: 10.1103/PhysRevC.98.024601
17. V. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Calculation of the ratio $\Gamma_n(E)/\Gamma_f(E)$ in various approaches for the fission width, European Physical Journal A, 2018, v. 54, 231 (9 pages). DOI: 10.1140/epja/i2018-12660-9
18. V. Yu. Denisov, O. A. Belyanovska, V. P. Khomenkov, I. Yu. Sedykh, K. M. Sukhyu, A simple description of the temperature dependence of the width of the fission-fragment mass yield in ^{197}Au and ^{209}Bi at intermediate energies, Chinese Physics C, 2019, v. 43, 014101 (5 pages). DOI: 10.1088/1674-1137/43/1/014101
19. V. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Calculation of fission fragment characteristics for the reactions $n_{\text{th}}+^{235}\text{U}$ and $n_{14 \text{ MeV}}+^{235}\text{U}$, European Physical Journal A, 2021, v. 57, p. 129 (25 pages). DOI: 10.1140/epja/s10050-021-00433-8
20. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Dependence of average total kinetic energy of fission fragments on excitation energy of fissioning nucleus, Physics Letters B, 2022, v. 824, p. 136814 (5 pages). DOI: 10.1016/j.physletb.2021.136814
21. V. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Dependence of average total kinetic energy of fission fragments on the excitation energy of the compound nucleus, Physical Review C, 2022, v. 105, p. 014616 (5 pages). DOI: 10.1103/PhysRevC.105.014616
22. O. I. Davydovska, V. Yu. Denisov, I. Yu. Sedykh, Evaluation of the fission barrier values using the

experimental values of the ratio $\Gamma_n(E)/\Gamma_f(E)$, Physical Review C, 2022, v. 105, p. 014620 (8 pages). DOI: 10.1103/PhysRevC.105.014620

23. V. Yu. Denisov, Calculation of the fission fragment characteristics in the three-body model of binary fission, European Physical Journal A, 2022, v. 58, p. 188 (16 pages). DOI: 10.1140/epja/s10050-022-00841-4

24. V. Yu. Denisov, Pre-neutron emission average total kinetic energy of fission fragments, Atomic Data and Nuclear Data Tables, 2023, v. 152, p. 101582 (15 pages). DOI: 10.1016/j.adt.2023.101582

25. H. J. Krappe, K. Pomorski, Theory of Nuclear Fission. – Berlin: Springer-Verlag, 2012.

Допоміжна література:

1. R. Vandenbosh, J.R. Huizenga. Nuclear Fission. – New-York: Academic Press, 1973.

2. Walter D. Loveland, David J. Morrissey, Glenn T. Seaborg, Modern nuclear chemistry. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2006

3. M. A. Hooshyar, I. Reichstein, F. B. Malik, Nuclear Fission and Cluster Radioactivity. – Berlin: Springer-Verlag, 2005.

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

Лекційні заняття

Розділ 1. Поділ ядра

Лекція 1. Вступ. Поділ ядер: відкриття та основні властивості. Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

Лекція 2. Потенціал Вудса-Саксона, теорія оболонкових поправок. Атомні маси та деформація ядер.

Лекція 3. Теорія спонтанного поділу.

Лекція 4. Статистичний розпад ядер.

Лекція 5. Вимушений поділ ядер.

Лекція 6. Властивості уламків поділу.

Лекція 7. Потрійний поділ.

Лекція 8. Кутовий розподіл осколків поділу.

Лекція 9. Застосування енергії ділення.

Лекція 10. Застосування підходу Томаса-Фермі та розширеного підходу Томаса-Фермі до ядерного поділу.

Лекція 11. Теорія поділу: підхід рівняння Ланжевена.

Лекція 12. Розрахунки характеристик фрагментів поділу в моделі розриву трьох тіл (два важких фрагмента та альфа-частинка).

Лекція 13. Бар'єри поділу, ширина поділу, Γ_n/Γ_f .

Лекція 14. Ширина виходу маси осколка поділу в статистичному підході. Залежність середньої повної кінетичної енергії осколків поділу від енергії збудження ядра, що ділиться.

Розрахунок ширина виходу маси осколка поділу в статистичному підході. Залежність середньої повної кінетичної енергії осколків поділу від енергії збудження ядра, що ділиться: теорія та експеримент.

Практичні заняття

Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосуванням основної та додаткової літератури	30
Виконання експериментальних робіт	0
Підготовка до заліку	2

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: заняття проводяться відповідно до розкладу згідно із правилами встановленими [Положенням про організацію освітнього процесу в Інституті ядерних досліджень НАН України](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf). (http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf), присутність на заняттях є добровільним і не допускається примушування до будь-яких дій в навчальному процесі без особистої згоди аспіранта. Відповідно до робочої навчальної програми даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях відповідно до [Уніфікованої система оцінювання навчальних досягнень аспірантів](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf). (http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf).
- правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Інституту здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не виконував модульні контрольні роботи (без поважної причини), то його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання передбачено у разі поважних причин;
- політика щодо академічної доброчесності: Положення встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в Інституті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи прикладної ядерної фізики, радіаційні та ядерні технології виробництва»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача

Система оцінювання результатів навчання

Види контролю та система оцінювання результатів навчання

Поточний контроль: опитування за темою заняття, модульні контрольні роботи (МКР), Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: ісаит (залік).

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) на лекційних та практичних заняттях;
- 2) за модульні контрольні роботи (МКР);
- 3) за відповідь на заліку.

Система рейтингових балів

- 1) Практичні та лекційні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 0,5 балів. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить $40 \times 0,5 = 20$ балів.
 - 2) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 20. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить $2 \times 20 = 40$ балів.
- Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 18-20 балів;
 - «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 15-17 балів;
 - «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11-14 балів;
 - «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.
- 3). Залік. Критерії оцінювання. Завдання містить три основні, кожне з яких оцінюються у 12 балів та одне додаткове запитання, яке оцінюється 4 балами. Всього $3 \times 12 + 1 \times 4 = 40$ балів.
- Нарахування балів за відповідь на заліку:
- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;
 - достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;
 - неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;
 - незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни			
Види навчальної роботи		Мах кількість балів	
Навчальна активність на лекційних та практичних заняттях		40	
Іспит		60	
Максимальна кількість балів		100	
Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання та ІЯД НАНУ			
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену (іспиту), диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики, тренінгу	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D		
60 – 65	E	задовільно достатньо	не зараховано
35 – 59	FX	незадовільно	
1 – 34	F		
<i>Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни, див сайт ІЯД.</i>			

Силабус затверджено на засіданні вченої ради ІЯД НАНУ « 5 » липня 2023 р. Протокол № 6.