



ЯДЕРНА ФІЗИКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	90 годин/3 кредити, 36 лекцій, 28 практичних, СРС 26
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, модульна контрольна робота, ДКР
Розклад занять	на сайті ipt.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.ф.-м.н. Герасимчук Ігор Вікторович, igor.gera@gmail.com Практичні / Семінарські: Кривенко-Еметов Ярослав Дмитрович, krivemet@ukr.net
Розміщення курсу	e-campus, Zoom

Програма навчальної дисципліни

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

Метою курсу «Ядерна фізика» є створення основи теоретичної підготовки бакалаврів і магістрів.

Загальними завданнями дисципліни є:

- оволодіння студентами фундаментальними фізичними законами та сучасними досягненнями у галузі ядерної фізики та фізики високих енергій;
- ознайомлення з методами теоретичного та експериментального дослідження у галузі ядерної фізики та фізики високих енергій;
- формування сучасного наукового світогляду;
- формування відповідних знань та вмінь.

Курс ядерної фізики, разом із іншими розділами загального курсу фізики, а також із курсами вищої математики та теоретичної фізики, відіграє роль фундаментальної фізико-математичної бази, без якої неможлива діяльність фахівці в сучасній науці та техніці.

Програмні результати навчання:

ПРН 1 Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики

ПРН 17 Знання основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності, зокрема ядерної фізики для розв'язання практичних проблем прикладної фізики, в т.ч. високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

Фахові компетентності:

ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК 6 Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

ФК 7 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

ФК 11 Здатність використовувати знання основ професійно-орієнтованих дисциплін для виконання наукових досліджень, розв'язання практичних проблем прикладної фізики та для самостійного опанування нових технологій, в тому числі із суміжних галузей, застосовувати отримані знання і практичні навички для прийняття інноваційних рішень при розв'язанні складних практичних задач або в навчанні, зокрема, високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Ядерна фізика» базується на навичках, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін як "Математичний аналіз", «Диференціальні рівняння», «Лінійна алгебра», «Теорія функцій комплексного змінного», «Механіка», «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Класична механіка», «Теорія поля» та «Атомна фізика».

Отримані знання та практичні навички та засвоєні під час вивчення навчальної дисципліни «Ядерна фізика» теоретичні знання в подальшому можна використовувати під час вивчення інших навчальних дисциплін ОП Прикладна фізика: "Квантова механіка", "Фізика твердого тіла", та ін.

3. Зміст навчальної дисципліни

Надається перелік розділів і тем всієї **дисципліни**.

РОЗДІЛ 1 ФІЗИКА ЯДРА

Тема 1.1. Загальні властивості ядер

Лекція 1

Електричний заряд. Маса ядра. Ізотопи та ізобари. Енергія зв'язку ядра. Ізоспін. Розміри ядра. Парність. Механічний та магнітний моменти. Квадрупольний момент ядра.

Тема 1.2. Найлегші ядра та властивості ядерних сил

Лекція 2

Узагальнений принцип Паулі. Відкриття дейтрона. Імпульсний розподіл нуклонів у дейтроні. Тринуклонні системи (третій та гелій-3). Гелій-4. Властивості ядерних сил. Тринуклонні сили.

Тема 1.3. Ядерні моделі

Лекція 3

Крапельна модель. Напівімперична формула Вайцзекера. Її застосування. Недоліки крапельної моделі ядра. Модель ядерних оболонок. Магічні ядра. Спін-орбітальна взаємодія. Одночастинкові рівні у ядрі. Застосування моделі. оболонок.

Лекція 4

Узагальнена модель ядра. Одначастинкові рівні в системі з вісьовою симетрією. Колективне обертання ядра. Коливні спектри ядер. Гігантський резонанс.

Тема 1.4. Радіоактивні ядра

Лекція 5

Умови радіоактивного розпаду. Період полурозпаду. Закон радіоактивного розпаду. Радіоактивні ряди. Альфо-розпад. Закон Гейгера-Неттола. Теорія альфа-розпаду. Тонка структура альфа-розпаду. Оцінка розміру ядра на основі альфа-розпаду Бета-розпад. Три типи бета-розпаду. Аналіз законів збереження енергії та імпульсу у бета-розпаді та відкриття нейтріно. Закон збереження лептонного числа.

Лекція 6

Енергетичні умови бета-плюс та бета-мінус розпадів. Незбереження парності у бета-розпаді. Слабкі взаємодії. Чотирьохферміонна теорія Фермі слабких взаємодій. Гамма-розпад. Правила відбору електричних та магнітних переходів. Внутрішня конверсія. Ефект Мьоссбауера. Ядерна ізомерія.

Тема 1.5. Ділення ядер

Лекція 7

Вимушене та спонтанне ділення ядер. Основні властивості ділення ядер. Ділення ядер в моделі рідкої краплі. Параметр ділимості. Труднощі моделі рідкої краплі при поясненні окремих властивостей ділення ядер.

Лекція 8

Ділення ядер під дією нейтронів. Ізомерія ділення ядер. Оболонкова поправка. Острів стабільності ядер.

Тема 1.6. Ядерні реакції

Лекція 9

Закон збереження енергії у ядерних реакціях. Екзоенергетичні та ендоенергетичні реакції. Закон збереження баріонного числа. Резонансне розсіяння нейтронів на ядрах. Формула Брейта-Вігнера. Спосіб вимірювання розміру ядер по розсіянню нейтронів на ядрах. Розсіяння електронів на ядрах.

Тема 1.7. Ядерні процеси у зірках

Лекція 10

Первинний нуклеосинтез. Зоряний нуклеосинтез. Розподіл елементів у Всесвіті. Утворення гелію у протон-протонному циклі. Утворення гелію у CNO-циклі. Утворення елементів важчих за гелій. Утворення елементів важчих за залізо.

РОЗДІЛ 2. ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК

Тема 2.1. Космічні промені

Лекція 11

Відкриття космічних променів. Первинні та вторинні промені. Жорстка та м'яка компоненти космічних променів. Відкриття позитронів. Відкриття мюонів. Властивості

мюонів. Відкриття заряджених піонів у космічних променях. Відкриття дивних частинок у космічних променях.

Тема 2.2. Головні баріони та мезони

Лекція 12

Три типи взаємодій, сильні, електромагнітні та слабкі. Лептони та адрони. Баріони та мезони. Теорія ядерних сил Юкави. Властивості дивних частинок. Схема Гелл-Манна-Нішиджими. Дивність, гіперзаряд, формула Гелл-Манна-Нішиджими. Властивості К-мезонів. Осциляції нейтральних К-мезонів. Резонанси. Відкриття дельта-резонансу. Відкриття с-, b- та t-кварків.

Тема 2.3. Кваркова модель

Лекція 13

Унітарні мультиплети мезонів та баріонів. Кварки, їх квантові числа. Кваркова структура найпростіших мезонів та баріонів. Колір та аромат кварків. Експериментальне вимірювання числа кольорів кварків. Поняття про глюони.

Тема 2.4. Дискретні симетрії

Лекція 14

Дискретні перетворення просторової інверсії, зарядової симетрії та інверсії часу. СРТ-теорема Паулі-Людерса. Порушення просторової парності у слабких взаємодіях. Гіпотеза про CP-інваріантність. Відкриття порушення CP-інваріантності у розпадах нейтральних каонів.

Тема 2.5. Лептони

Лекція 15

Відкриття тау-лептона. Три типи нейтріно. Збереження лептонного заряду. "Ліві" нейтрино та "праві" антинейтрино. Вимірювання числа поколінь лептонів.

Тема 2.6. Закони збереження у різних типах взаємодій

Лекція 16

Закони збереження енергії та імпульсу. Закон збереження моменту кількості руху. Закон збереження ізоспіну. Закон збереження баріонного та лептонного зарядів. Порушення законів збереження парності та комбінованої парності у слабких взаємодіях.

Тема 2.7. Основні поняття Стандартної моделі

Лекція 17

Принцип калібровочної інваріантності. Калібровочні бозони. Необхідність переходу від чотирьохферміонної теорії Фермі слабких взаємодій до калібрувальної симетрії. W^\pm та Z^0 бозони. Бозони Хіггса та маса частинок. Відкриття W^\pm та Z^0 бозони на експерименті.

Тема 2.8. Велике Об'єднання. Фізика частинок та Всесвіт

Лекція 18

Можливі "сценарії" об'єднання слабких, електромагнітних та сильних взаємодій. Можливі наслідки Великого Об'єднання та їх пошуки на експерименті. Розвиток Всесвіту у перші три секунди після Великого Вибуху.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові навчальні матеріали:

1. Теорія ядра: навч. посібник для студ. фіз. спец. Вищих закл. освіти / О. Г. Ситенко, В. К. Тартаковській. - 2.вид. - К.: Либідь, 2001. - 607 с.
2. Л.А. Булавін, В.К. Тартаковській. Ядерна фізика. – К.: Знання, 2005. – 439 с.
3. Каденко І. М., Плюйко В. А. Фізика атомного ядра та частинок. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. — 414 с.
4. Задачі з загальної фізики. Квантова фізика атомів, ядер і елементарних частинок. Будова речовини. Для студентів 3-го курсу фізико-технічного факультету / Укладачі: Монастирський Г.Є., Грайворонський М.В., Литвинова Т.В. - Київ, НТУУ "КПІ", 1991 р. -21 с.

Факультативні джерела:

1. К.Н. Мухин, Экспериментальная ядерная физика. В 2 кн. Кн.1. Физика атомного ядра. Ч.І. Свойства нуклонов, ядер и радиоактивных излучений, 5-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1993.
2. К.Н. Мухин, Экспериментальная ядерная физика. В 2 кн. Кн.1. Физика атомного ядра. Ч.ІІ. Ядерные взаимодействия, 5-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1993.
3. К.Н. Мухин, Экспериментальная ядерная физика. В 2 кн. Кн.2. Физика элементарных частиц, 5-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1993.
4. А. Любимов, Д. Киш, Введение в экспериментальную физику частиц, М.: Физматлит, 2001.
5. Л.Б. Окунь, Лептоны и кварки, М.: Наука, 1990.

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви змістових модулів і тем	Всього годин	Лекції	Практичні заняття	СРС
РОЗДІЛ 1 ФІЗИКА ЯДРА	45	20	13	11
1.1. Загальні властивості ядер	4	2	1	1
1.2. Найлегші ядра та властивості ядерних сил	5	2	2	1
1.3. Ядерні моделі	8	4	2	1
1.4. Радіоактивні ядра	8	4	2	2
1.5. Ділення ядер	8	4	2	2
1.6. Ядерні реакції	6	2	2	2
1.7. Ядерні процеси у зірках	6	2	2	2
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК	37	16	12	10
2.1. Космічні промені	6	2	2	1
2.2. Головні баріони та мезони	5	2	2	1
2.3. Кваркова модель	5	2	2	1
2.4. Дискретні симетрії	5	2	2	1
2.5. Лептони	6	2	2	2
2.6. Закони збереження у різних типах взаємодій	6	2	2	2
2.7. Основні поняття Стандартної моделі	2	2		2

2.8. Велике Об'єднання. Фізика частинок та Всесвіт	2	2		
ДКР	3		1	2
Модульна контрольна робота	3		1	2
Залік	2		1	1
Всього	90	36	28	26

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Протягом семестру студенти виконують практичні заняття в аудиторії, самостійно.

Теми практичних занять:

РОЗДІЛ 1. ФІЗИКА ЯДРА

1. Загальні властивості ядер.
2. Узагальнений принцип Паулі.
3. Формула Вайцзекера.
4. Радіоактивні ядра.
5. Ділення ядра.
6. Ядерні реакції. Формула Брейта-Вігнера.
7. Ядерні процеси у зірках.

РОЗДІЛ 2. ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК

8. Космічні промені.
9. Баріони та мезони.
10. Кваркова модель.
11. Дискретні симетрії.
12. Лептони.
13. Закони збереження.

Задачі для розв'язування в аудиторії та для самостійної роботи розміщуються на сайті викладача, розсилаються по електронній пошті студентам на початку семестру.

2. Самостійна робота студента

Силабус навчальної дисципліни «Ядерна фізика» розроблено на основі гнучкого підходу до формування навчальних завдань та видів діяльності, які потрібні студентам для досягнення запланованих результатів навчання з подальшим проектуванням навчального досвіду таким чином, щоб максимально підвищити ефективність навчання студентів в подальшому.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. При цьому особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності до якого студенти мають виконувати практичні завдання, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання у професійному житті.

Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), самостійної роботи та

самостійного вивчення окремих тем, що використовуються для виконання нормативної частини дисципліни.

- Самостійна робота включає в себе підготовку до практичних занять.

Політика та контроль

3. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оцінка ECTS, яку студент отримує після вивчення кредитного модуля з дисципліни «Ядерна фізика», визначається відповідно до рейтингу студента, який складається з рейтингу, що студент отримує за результатами навчання протягом семестру, та балів, отриманих під час складання заліку.

Протягом семестру студент отримує бали за такі види роботи:

Робота на практичних заняттях

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 15 балів.

На практичному занятті враховується відповідь (розв'язок запропонованої задачі з урахуванням вагового коефіцієнта) від 0 до 2 балів + відповіді на письмове опитування – від 0 до 1 балу.

Модульний контроль

Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 30 бали.

Індивідуальне завдання - ДКР

Максимальна кількість балів за ДКР дорівнює 15 балів.

Враховується виконання домашнього завдання та самостійне вивчення матеріалу.

Максимальний рейтинг за семестр складає 60 балів.

Максимальний бал за залік складає 40 балів.

Максимальний сумарний рейтинг складає 100 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 15 + 30 + 15 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Необхідною умовою допуску до заліку стартовий рейтинг (rC) не менше 50 % від R_c, тобто 30 балів.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою ¹

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	+
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	+

¹ Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

$75 \leq RD \leq 84$	<i>Добре</i>	+
$65 \leq RD \leq 74$	<i>Задовільно</i>	+
$60 \leq RD \leq 64$	<i>Достатньо</i>	+
$RD < 60$	<i>Незадовільно</i>	-
<i>Невиконання умов допуску</i>	<i>Не допущено</i>	-

Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестацію у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 30 балів ($RD < 30$), зобов'язані проходити співбесіду. У цьому разі рейтингова оцінка складається з результатів, отриманих на протязі семестру, та результатів співбесіди.

Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 30 балів, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінки, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного виконання практичних робіт та здачі екзамену. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути його практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, при наявності відповідного документу щодо поважної причини відсутності на модульній контрольній роботі. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами².

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
----------	--	--	-----------------	-----------------

² Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

<i>Термін атестації</i> ³			<i>8-ий тиждень</i>	<i>14-ий тиждень</i>
<i>Умови отримання атестації</i>	<i>Поточний рейтинг</i> ⁴		<i>≥ 13 балів</i>	<i>≥ 30 балів</i>
	<i>Поточний контрольний захід</i>	<i>Контрольна робота</i>	<i>+</i>	<i>+</i>
	<i>Поточний контрольний захід</i>	<i>Домашня Контрольна робота</i>	<i>-</i>	<i>+</i>

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Дистанційне навчання

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні.

Сертифікати онлайн-курсів можуть зараховуватись при виконанні певних практикумів і враховуватись при поточному і модульному контролі за попереднім узгодженням.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Ядерна фізика» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, крім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють

³ Там само.

⁴ Там само.

виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою

Враховуючи специфіку навчальної дисципліни, деякі поняття та навчальний матеріал можуть вивчатися на англійській мові (фрагментарно). Також у процесі викладання навчальної дисципліни можуть використовуватись відеоматеріали на англійській мові.

4. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Оцінка ECTS, яку студент отримує після вивчення кредитного модуля з дисципліни «Ядерна фізика», визначається відповідно до рейтингу студента, який складається з рейтингу, що студент отримує за результатами навчання протягом семестру, та балів, отриманих під час складання заліку.

Протягом семестру студент отримує бали за такі види роботи:

Протягом семестру студент отримує бали за такі види роботи:

Робота на практичних заняттях

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 15 балів.

На практичному занятті враховується відповідь (розв'язок запропонованої задачі з урахуванням вагового коефіцієнта) від 0 до 2 балів + відповіді на письмове опитування – від 0 до 1 балу.

Модульний контроль

Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 30 бали.

Індивідуальне завдання - ДКР

Максимальна кількість балів за ДКР дорівнює 15 балів.

Враховується виконання домашнього завдання та самостійне вивчення матеріалу.

Максимальний рейтинг за семестр складає 60 балів.

Максимальний бал за залік складає 40 балів.

Максимальний сумарний рейтинг складає 100 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 15 + 30 + 15 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Необхідною умовою допуску до заліку стартовий рейтинг (r_c) не менше 50 % від R_c , тобто 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено д.ф.-м.н., Герасимчук Ігор Вікторович

Ухвалено кафедрою ФЕС (протокол № 1 від 04.09.2020)

Затверджено Вченою Радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07.09.2020)