

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики твердого тіла

Затверджено на засіданні
кафедри фізики твердого тіла
фізичного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол №1 від 31 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри 

Силабус
з навчальної дисципліни «Ядерна фізика»,
що викладається в межах
ОПП *Фізика та астрофізика*
ОПП *Комп'ютерна фізика*
для здобувачів зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія»
та ОПП *Середня освіта. Фізика*
для здобувачів зі спеціальності 014.08 «Середня освіта. Фізика»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Назва дисципліни	Ядерна фізика
Адреса викладання дисципліни	Вул. Драгоманова 50, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра фізики твердого тіла
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки / 104 Фізика та астрономія 01 Освіта/Педагогіка / 014.08 Середня освіта. Фізика
Викладачі дисципліни	Завідувач кафедри фізики твердого тіла, професор, д.ф.-м.н Капустяник Володимир Богданович
Контактна інформація викладачів	volodymyr.kapustianyk@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/kapustyanyk-volodymyr-bohdanovych
Консультації по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/yaderna-fizyka-fizyka
Інформація про дисципліну	Курс ядерної фізики є одним з основних розділів загальної фізики. В курсі розглядаються основи фізики ядра, його склад і будова, основні ядерні моделі. Значне місце в курсі відведене аналізу експериментальних методів дослідження атомних ядер і ядерних частинок, а також фізиці високих енергій. Проаналізовані різні види ядерних реакцій, розглядається класифікація елементарних частинок і властивості кварків. Набуті в рамках курсу знання є необхідною основою для успішної професійної діяльності випускників фізичного факультету.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Ядерна фізика» є нормативною дисципліною зі спеціальностей 104 «Фізика та астрономія» та 014.08 «Середня освіта. Фізика» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, яка викладається у 6 семестрі в обсязі 4,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Мета дисципліни: ознайомити студентів з основними закономірностями та поняттями фізики атомного ядра та фізики високих енергій, сформулювати поняття єдності мікро- і макросвіту, виробити навички фізичного мислення. Основні цілі дисципліни: а) розглянути розвиток уявлень про будову і властивості атомного ядра; б) розширити науковий світогляд студентів; в) виробити навички до самостійної роботи.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. О.Г. Ситенко, В.К. Тартаковський. Теорія ядра: Навч. посібник.- Київ.: Либідь, 2000.- 608 с. 2. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика: Навч. посібник.- Одеса.: Видавництво ОДУ, 2008.- 168 с. 3. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник.- Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007.- 784 с. 4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. Оптика. Квантова фізика. К.: Техніка, 1999.- 520 с. 5. А.К. Вальтер, І.І. Залюбовський. Ядерна фізика.- Харків: Видавництво Харківського ун-ту, 1991.- 480 с. 6. Л.А. Булавін, В.К. Тартаковський. Ядерна фізика.- Київ, 2005.- 480 с. 7. В. Капустяник, Б. Кулик, М. Партика. Практикум з ядерної фізики для студентів фізичного факультету.- Львів: Видавн. центр фіз. ф-ту ЛНУ ім. І. Франка, 2012.-88 с.

	<p>Допоміжна: 1. П.П. Чолпан. Фізика. К.: Вища школа, 2003.-567 с.</p> <p>Інформаційні ресурси: 1. Eric Weisstein's World of Physics http://scienceworld.wolfram.com/physics/ 2. Wikipedia. http://www.wikipedia.org 3. http://www.lbl.gov/abc/Contents.html#experiment</p>
Тривалість курсу	1 семестр
Обсяг курсу	135 годин, з яких 96 годин аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 32 годин лабораторних занять, 32 години практичних занять та 39 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення цього курсу здобувач має оволодіти такими компетентностями:</p> <p>Загальні компетентності (ЗК): ЗК_1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК_2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК_3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК_7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК_10. Навички здійснення безпечної діяльності. ЗК_12. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p> <p>Спеціальні (фахові) компетентності (СК): СК_5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій. Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі 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 2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. ПРН 6. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації. ПРН 11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні. ПРН 12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.</p>
Ключові слова	Ядро атома, фізика високих енергій, прискорювачі заряджених частинок, ядерні моделі, нуклони, кварки, лептони, адрони, мезони, сильна ядерна взаємодія, слабка ядерна взаємодія.
Формат курсу	Очний: проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблицях нижче
Підсумковий контроль, форма	Іспит у 6 семестрі

Пререквізити	Вивчення дисципліни «Ядерна фізика» ґрунтується на знаннях студентів, одержаних при вивченні загальних та спеціальних дисциплін: «Механіка», «Електрика і магнетизм», «Молекулярна фізика», «Оптика», «Атомна фізика», «Квантова механіка», «Математичний аналіз» і «Диференціальні рівняння».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Використовуються такі методи навчання: а) словесні – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт; б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу презентаціями, що включають в себе таблиці, схеми та графіки; в) лабораторні – виконання лабораторних робіт, г) практичні заняття – розв’язування задач, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об’єктів.
Необхідне обладнання	Персональний комп’ютер, операційні системи (Windows, Linux), загальнонавчівані комп’ютерні програми, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (контрольні роботи і колоквиум за двома змістовими модулями, $2 \times 5 = 10$ балів), оцінку відповідей та роботи на практичних (20 балів) і лабораторних (20 балів) заняттях — разом за семестр 50 балів.</p> <p>Іспит — складається з теоретичної частини ($20 \times 2 = 40$ балів) і перевірки практичних знань (10 балів) — разом 50 балів.</p> <p>Сумарна оцінка — 100 балів.</p> <p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов’язані дотримуватися усіх термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на лабораторних заняттях та поточному тестуванні. При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов’язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
Питання до екзамену	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ядерна модель атома. 2. Визначення розміру та заряду ядра. 3. Протонно-нейтронний склад ядра. 4. Енергія зв’язку ядер, ядерні сили. 5. Формула Вайцзеккера.

6. Проходження електронів через поглинаючі середовища. Пружне розсіювання електронів ядрами.
7. Іонізаційні втрати для швидких електронів.
8. Втрати на випромінювання. Ефект Черенкова.
9. Джерела нуклонів. Взаємодія нуклонів з речовиною.
10. Спіни і магнітні моменти нуклонів.
11. Структура нуклонів, досліди Хофштадтера.
12. Дейтрон, потенціали взаємодії.
13. Обмінні сили.
14. Мезонна теорія ядерних сил. Потенціал Юкава.
15. Місце ядерних сил серед взаємодії у природі.
16. Гамма-випромінювання ядер.
17. Внутрішня конверсія електронів.
18. Ефект Месбауера.
19. Магнітний момент ядра, метод Рабі.
20. Спін і магнітний момент ядра.
21. Ядерна ізомерія.
22. Модель рідкої каплі.
23. Альфа-частинкова модель.
24. Модель Фермі-газу.
25. Модель ядерних оболонок.
26. Узагальнена модель ядра.
27. Оптична модель ядра.
28. Електростатичний прискорювач.
29. Циклотрон.
30. Бетатрон.
31. Фазотрон, синхротрон. Синхрофазотрон.
32. Джерела променів та коефіцієнт послаблення.
33. Фотоефект. Класичне розсіяння. Ефект Комптона.
34. Утворення електрон-позитронних пар.
35. Фотонно-електронні зливи.
36. Повний коефіцієнт послаблення.
37. Основні види і особливості радіоактивного розпаду.
38. Закон радіоактивного розпаду. Вікова радіоактивна рівновага.
39. Природні радіоактивні ядра. Радіоактивні ряди.
40. Штучні радіоактивні ядра.
41. Альфа-розпад. Тонка структура альфа-спектру. Теорія альфа-розпаду.
42. Бета-перетворення.
43. Досліди з виявлення нейтрино.
44. Втрата парності при бета-розпаді. Досліди Ву.
45. Методи реєстрації заряджених частинок і гамма-квантів.
46. Ендотермічні та екзотермічні реакції. Переріз ядерної реакції.
47. Ядерні реакції під дією нейтронів. Поділ важких ядер.
48. Ланцюгові ядерні реакції. Використання енергії поділу.
49. Практичне здійснення ланцюгового ядерного процесу. Ядерні реактори.
50. Надважкі ядра. Фотоядерні реакції.
51. Реакції термоядерного синтезу. Проблема керованої термоядерної реакції. Магнітна ізоляція плазми.
52. Термоядерні реакції у Всесвіті. Протонно-протонний і вуглецево-азотний цикл.
53. Критерій елементарності.
54. Основні характеристики елементарних частинок.
55. Закони збереження. Лептони, закон збереження лептонного заряду.

	56. Баріони, закон збереження баріонного заряду. 57. Ізотопічний спіні. Ізотопічна інваріантність. 58. Дивні частинки. 59. Взаємодія елементарних частинок. Види взаємодії. 60. Резонансні частинки. 61. Модель кварків. 62. Дозиметричні одиниці. 63. Біологічна дія випромінювання. 64. Дозиметрія і захист від випромінювання.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Ядерна фізика»

Тиж-день	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Тема 1. Розвиток уявлень про атомне ядро	лекції – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
2, 3	Тема 2. Електрони і нуклони	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
3, 4	Тема 3. Ядерні сили	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
5, 6	Тема 4. Квантування станів ядер	лекції – 4 год, самостійна робота – 1 год.	2 тижні
7, 8	Тема 5. Ядерні моделі	лекції – 4 год, самостійна робота – 1 год.	2 тижні
9, 10	Тема 6. Прискорювачі частинок	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
10, 11	Тема 7. Взаємодія гамма- і Х-променів з речовиною	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
12, 13	Тема 8. Радіоактивний розпад	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
13, 14	Тема 9. Ядерні реакції синтезу та поділу	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
15, 16	Тема 10. Фізика високих енергій	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
16	Тема 11. Дозиметрія	лекції – 1 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень

Таблиця 2

Теми практичних занять

Тиж-день	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Енергія зв'язку нуклонів в ядрах. Використання формули Вайцзеккера.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
2	Аналіз взаємодії протонів з речовиною. Обчислення обмінних сил.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
3	Енергетичний розрахунок ядерних моделей.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
4	Технічні характеристики прискорювачів елементарних частинок.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень

5	Вивчення ефекту утворення електрон-позитронних пар.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
6	Аналіз радіоактивного закону розпаду.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
7	Вивчення вікової радіоактивної рівноваги.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
8	Вивчення альфа- та бета-розпадів.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
9	Дозиметричні одиниці.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
10	Ендотермічні та екзотермічні реакції.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
11	Вивчення ланцюгових ядерних реакцій.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
12	Аналіз роботи ядерних реакторів.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
13	Вивчення термоядерних реакцій у Всесвіті.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
14	Вивчення можливості створення керованих термоядерних реакцій.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
15	Розрахунок реакцій з участю частинок і античастинок.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
16	Вивчення законів збереження при ядерних реакціях.	практичне заняття – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень

Таблиця 3

Теми лабораторних занять

Тиж-день	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1, 2	Вивчення роботи газорозрядного лічильника.	лаборатор. заняття – 3 год самостійна робота – 2 год.	1,5 тижня
2, 3	Вивчення статистичного характеру радіоактивного розпаду.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
4, 5	Взаємодія гамма-випромінювання з речовиною.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
6, 7	Визначення мертвого часу газорозрядного лічильника.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
7, 8	Вивчення ефективності газорозрядного лічильника під час реєстрації гамма-квантів.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
9, 10	Визначення активності гамма-джерела.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
10, 11	Визначення активності бета-джерела абсолютним методом.	лаборатор. заняття – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
11, 12	Визначення верхньої межі бета-спектру.	лаборатор. заняття – 3 год самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
13	Вивчення роботи сцинтиляційного гамма-спектрометра.	лаборатор. заняття – 2 год самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
14, 15	Визначення потужності дози іонізаційного випромінювання.	лаборатор. заняття – 3 год самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
15, 16	Вивчення роботи дозиметрів.	лаборатор. заняття – 3 год самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня