


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

Затверджено

На засіданні кафедри фізики твердого тіла
фізичного факультету
Львівського національного університету імені
Івана Франка
(протокол № 1 від 30.08.2021 р.)

Завідувач кафедри _____



проф. Капустяник В.Б..

Силабус
з навчальної дисципліни «Ядерна фізика»,
що викладається в межах
ОПП «Середня освіта (Фізика)»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 014 Середня освіта
предметної спеціальності 014.08 Середня освіта. Фізика
(Дисципліна буде вивчатися в 2022-2023 н.р.)

Львів 2021

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 / 014 Середня освіта. Фізика
Викладачі дисципліни	Завідувач кафедри фізики твердого тіла, професор, д.ф.-м.н Капустяник Володимир Богданович
Контактна інформація дисципліни	volodymyr.kapustianyk@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/kapustyanyk-volodymyr-bohdanovych
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/yaderna-fyzyka-astronomiya
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Ядерна фізика» є нормативною дисципліною зі спеціальності 014 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). В курсі розглядається основні закономірності фізики атомного ядра та фізики високих енергій.
Коротка анотація дисципліни	Курс ядерної фізики є одним з основних розділів загальної фізики. В курсі розглядаються історія розвитку ядерної фізики, 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 педагогічної діяльності випускників фізичного факультету.
Мета та цілі дисципліни	Мета курсу: 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 курсу: 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.

	<p>5. А.К. Вальтер, І.І. Залюбовський. Ядерна фізика.- Харків: Видавництво Харківського ун-ту, 1991.- 480 с.</p> <p>6. Л.А. Булавін, В.К. Тартаковський. Ядерна фізика.- Київ, 2005.- 480 с.</p> <p>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> <p>Допоміжна:</p> <p>1. П.П. Чолпан. Фізика. К.: Вища школа, 2003.-567 с.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <p>1. Eric Weisstein's World of Physics http://scienceworld.wolfram.com/physics/</p> <p>2. Wikipedia. http://www.wikipedia.org</p> <p>3. http://www.lbl.gov/abc/Contents.html#experiment</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>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</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p><i>Загальні компетентності:</i></p> <p>ЗК3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК8. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><i>Спеціальні компетентності:</i></p> <p>СК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні й практичні знання з фізики та методики навчання фізики у вирішенні професійних завдань.</p> <p>СК4. Здатність коректно застосовувати фізичні поняття, закони, принципи, теорії у поєднанні з необхідним математичним інструментарієм для пояснення фізичних явищ і процесів з використанням сучасних засобів навчання.</p> <p>СК9. Здатність до формування в учнів ключових і предметних компетентностей та здійснення міжпредметних зв'язків.</p> <p>СК12. Володіння базовими поняттями, аксіомами та постулатами загальної і теоретичної фізики, знання основних законів і принципів сучасної фізики та астрономії, вміння визначати межі їх застосування.</p> <p><i>Програмні результати навчання (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i></p> <p>ПРН5. <i>Уміти</i> оперувати базовими категоріями та поняттями спеціальності.</p> <p>ПРН13. <i>Знати та розуміти</i> основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики і астрономії та методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.</p> <p>ПРН14. <i>Аналізувати</i> фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.</p> <p>ПРН17. <i>Розв'язувати</i> задачі різних рівнів складності курсів фізики і астрономії в базовій середній школі, чітко й раціонально пояснює розв'язання учням.</p> <p>ПРН20. <i>Володіти</i> основами наукових досліджень, здійснювати</p>

	самостійну експериментальну діяльність з фізики та методики навчання фізики з описом, аналізом та критичним оцінюванням експериментальних даних. ПРН22. <i>Розуміти</i> місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.
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.
Теми	Наведено у таблицях нижче
Підсумковий контроль, форма	Поточний контроль: усне та письмове опитування, модульні тести, оцінка практичних завдань, захист лабораторних робіт. Підсумковий контроль: іспит у 6 семестрі. Форма: письмово-усна.
Пререквізити	Вивчення курсу «Ядерної фізики» ґрунтується на знаннях студентів, одержаних при вивченні загальних та спеціальних дисциплін: «Механіка», «Електрика і магнетизм», «Молекулярна фізика», «Оптика», «Атомна фізика», «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, загальнонавчальні комп’ютерні програми, проектор, лабораторне обладнання
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	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 — та іспит, що складається з теоретичної частини ($20 \times 2 = 40$ балів) і перевірки практичних знань (10 балів) — разом 50 балів. Сумарна оцінка, таким чином, виставляється за 100-бальною шкалою. Жодні форми академічної недобросовісності не толеруються.
Питання до іспиту	1. Ядерна модель атома. 2. Формула Вайцеккера. 3. Проходження електронів через поглинаючі середовища. Ефективний переріз взаємодії. 4. Іонізаційні втрати для швидких електронів. 5. Радіаційні втрати електронів. Ефект Черенкова. 6. Методи монохроматизації нейтронів. 7. Структура нуклонів. Експерименти Р. Хофштадтера.

	8. Характеристики дейтрона. Потенціали взаємодії. 9. Мезонна теорія ядерних сил. Потенціал Юкава. 10. Гамма-випромінювання ядер. 11. Ефект Месбауера. Практичне застосування ефекту. 12. Магнітний момент ядра. Експериментальне визначення магнітних моментів методом Рабі. 13. Ядерна ізомерія. 14. Модель рідкої каплі. 15. Модель Фермі-газу. 16. Оптична модель ядра. 17. Електростатичний прискорювач. 18. Взаємодія частинок у зустрічних пучках. Великий адронний колайдер. 19. Фотоефект. 20. Класичне розсіяння. Ефект Комптона. 21. Фотонно-електронні зливи. 22. Основні види і особливості радіоактивного розпаду. 23. Закон радіоактивного розпаду. Вікова радіоактивна рівновага. 24. Природні радіоактивні ядра. Радіоактивні ряди. 25. Альфа-розпад. Тонка структура альфа-спектру. 26. Бета-перетворення. 27. Методи реєстрації заряджених частинок і гамма-квантів. 28. Ядерні реакції під дією нейтронів. Поділ важких ядер. 29. Проблема керованої термоядерної реакції. Магнітна ізоляція плазми. 30. Закони збереження. Лептони, закон збереження лептонного заряду. 31. Баріони, закон збереження баріонного заряду. 32. Ізотопічний спіні. Ізотопічна інваріантність. 33. Дивні частинки. 34. Взаємодія елементарних частинок. Види взаємодії. 35. Частинки і античастинки, антиречовина. 36. Модель кварків. 37. Дозиметрія. Дозиметричні одиниці. 38. Дозиметрія і захист від випромінювання.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Ядерна фізика»

Теми лекцій

Тиждень	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Тема 1. Основні уявлення про атом і ядро 1. Історія розвитку науки про атом і атомне ядро. Ядерна модель атома. 2. Визначення розміру та заряду ядра. 3. Протонно-нейтронний склад ядра.	лекції – 2 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень

	<p>4. Енергія зв'язку нуклонів у ядрі.</p> <p>5. Характеристики ядерних сил.</p> <p>6. Формула Вайцзеккера.</p>		
2, 3	<p>Тема 2. Взаємодія електронів і нуклонів з речовиною</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проходження електронів через поглинаючі середовища. Ефективний переріз взаємодії. 2. Пружне розсіювання електронів ядрами. 3. Іонізаційні втрати для швидких електронів. 4. Радіаційні втрати електронів. Ефект Черенкова. 5. Джерела нуклонів. 6. Методи монохроматизації нейтронів. 7. Взаємодія нуклонів з речовиною. 8. Спіни і магнітні моменти нуклонів. 9. Структура нуклонів. Експерименти Р. Хофштадтера. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
3, 4	<p>Тема 3. Ядерні сили</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найважливіші характеристики дейтрона. Потенціали взаємодії. 2. Обмінні сили. 3. Мезонна теорія ядерних сил. Потенціал Юкава. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
5, 6	<p>Тема 4. Квантування станів ядер</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Гамма-випромінювання ядер. 2. Внутрішня конверсія електронів. 3. Ефект Месбауера. Практичне застосування ефекту. 4. Магнітний момент ядра. Експериментальне визначення магнітних моментів методом Рабі. 5. Спін і магнітний момент ядра. 6. Ядерна ізомерія. 	лекції – 4 год, самостійна робота – 1 год.	2 тижні
7, 8	<p>Тема 5. Ядерні моделі</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель рідкої каплі. 2. Альфа-частинкова модель. 3. Модель Фермі-газу. 4. Модель ядерних оболонок. 5. Узагальнена модель ядра. 6. Оптична модель ядра. 	лекції – 4 год, самостійна робота – 1 год.	2 тижні
9, 10	<p>Тема 6. Прискорювачі частинок</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Електростатичний прискорювач. 2. Циклотрон. 3. Бетатрон. 4. Фазотрон, синхротрон. 5. Синхрофазотрон. 6. Взаємодія частинок у зустрічних пучках. Великий адронний колайдер. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
10, 11	<p>Тема 7. Взаємодія гамма- і X-променів з речовиною</p>	лекції – 3 год,	1,5 тижня

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Джерела променів та коефіцієнт послаблення. 2. Фотоефект. 3. Класичне розсіяння. Ефект Комптона. 4. Утворення електрон-позитронних пар. 5. Фотонно-електронні зливи. 6. Повний коефіцієнт послаблення. 	самостійна робота – 1 год.	
12, 13	<p>Тема 8. Радіоактивний розпад</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні види і особливості радіоактивного розпаду. 2. Закон радіоактивного розпаду. Вікова радіоактивна рівновага. 3. Природні радіоактивні ядра. Радіоактивні ряди. 4. Штучні радіоактивні ядра. 5. Альфа-розпад. Тонка структура альфа-спектру. 6. Теорія альфа-розпаду. 7. Бета-перетворення. 8. Досліди з виявлення нейтрино. 9. Втрата парності при бета-розпаді. Досліди Ву. Правила відбору при β-розпаді. 10. Методи реєстрації заряджених частинок і гамма-квантів. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
13, 14	<p>Тема 9. Ядерні реакції синтезу та поділу</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ендотермічні та екзотермічні реакції. Переріз ядерної реакції. 2. Ядерні реакції під дією нейтронів. Поділ важких ядер. 3. Ланцюгові ядерні реакції. Використання енергії поділу. 4. Практичне здійснення ланцюгового ядерного процесу. Ядерні реактори. 5. Надважкі ядра. 6. Фотоядерні реакції. 7. Реакції термоядерного синтезу. 8. Проблема керованої термоядерної реакції. Магнітна ізоляція плазми. 9. Термоядерні реакції у Всесвіті. Протонно-протонний і вуглецево-азотний цикл. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня
15, 16	<p>Тема 10. Фізика високих енергій</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Критерій елементарності. 2. Основні характеристики елементарних частинок. 3. Закони збереження. Лептони, закон збереження лептонного заряду. 4. Баріони, закон збереження баріонного заряду. 5. Ізотопічний спіні. Ізотопічна інваріантність. 6. Дивні частинки. 7. Взаємодія елементарних частинок. Види взаємодії. 8. Частинки і античастинки, антиречовина. 9. Модель кварків. 	лекції – 3 год, самостійна робота – 1 год.	1,5 тижня

16	Тема 11. Дозиметрія 1. Дозиметричні одиниці. 2. Біологічна дія випромінювання. 3. Дозиметрія і захист від випромінювання.	лекції – 1 год, самостійна робота – 1 год.	1 тиждень
----	---	--	-----------

Таблиця 2

Теми практичних занять

Тиждень	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	Енергія зв'язку нуклонів в ядрах. Використання формули Вайцеккера.	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 закону радіоактивного 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

Тиждень	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1, 2	Вивчення роботи газорозрядного	лаборатор. заняття – 3 год	1,5 тижня

	лічильника.	самостійна робота – 2 год.	
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 іонізуючого 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