

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра фізики твердого тіла

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан фізичного факультету

\_\_\_\_\_ проф. Якібчук П.М.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ЯДЕРНА ФІЗИКА ТА ФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК**

підготовки бакалавра  
з галузі знань **10 Природничі науки**  
за спеціальністю **104 Фізика та астрономія**  
фізичного факультету  
(Спеціалізація «Квантові комп'ютери і квантове  
програмування»)

**Львів – 2021**

**Ядерна фізика та фізик елементарних частинок.** Робоча програма навчальної дисципліни для студентів за спеціальністю **104 Фізика та астрономія** (Спеціалізація «Квантові комп'ютери і квантове програмування») — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. — 9 с.

**Розробник:**

**Капустяник В.Б.**- д-р фіз.-мат. наук, професор, зав. кафедри фізики твердого тіла

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № 4 від « 4 » лютого 2021 р.

Завідувач кафедри фізики твердого тіла \_\_\_\_\_ (Капустяник В.Б.)

«4» лютого 2021 р.

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № 2 від. «8» лютого 2021 р.

Голова \_\_\_\_\_ (Якібчук П.М.)

© Капустяник В.Б., 2021

## 1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни «Ядерна фізика»)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів — <b>5</b>	Галузь знань <b>10 Природничі науки</b>	Нормативна
Модулів — <b>2</b>	Спеціальність <b>104 Фізика та астрономія</b> (Спеціалізація «Квантові комп'ютери і квантове програмування»)	<i>Рік підготовки:</i> <b>3-й</b>
Змістових модулів — <b>2</b>		<i>Семестр</i> <b>5-й</b>
Загальна кількість годин — <b>150</b>		<i>Лекції</i> <b>32 год.</b>
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних — <b>4</b> самостійної роботи студента — <b>5</b>	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <b>Бакалавр</b>	<i>Практичні</i> <b>16 год.</b>
		<i>Лабораторні</i> <b>16 год.</b>
		<i>Самостійна робота</i> <b>86 год.</b>
		<i>Вид контролю:</i> <b>іспит</b>

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс ядерної фізики є фундаментальним розділом основного курсу загальної фізики.  
**Мета курсу:** ознайомити студентів з основними закономірностями та поняттями фізики атомного ядра та фізики елементарних частинок, сформулювати поняття єдності мікро- і макросвіту, виробити навички фізичного мислення. **Основні завдання курсу:**

- а) розглянути розвиток уявлень про будову і властивості атомного ядра;
- б) розширити науковий світогляд студентів;
- в) виробити навички до самостійної роботи.

За підсумками вивчення курсу студент

повинен **знати:**

- основні теоретичні питання, викладені в лекційному курсі;

- мати уяву про сучасний стан знань щодо будови та властивостей атомних ядер та елементарних частинок.

**вміти:**

- використовувати отримані знання на практиці при розв'язуванні задач та при виконанні лабораторних робіт в рамках ядерного практикуму.

Вивчення курсу «Ядерної фізики та фізики елементарних частинок» 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».

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Будова і властивості атомних ядер**

##### **Тема 1. Розвиток уявлень про атомне ядро**

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.

##### **Тема 2. Електрони і нуклони**

1. Проходження електронів через поглинаючі середовища. Пружне розсіювання електронів ядрами.
2. Іонізаційні втрати для швидких електронів.
3. Втрати на випромінювання. Ефект Черенкова.
4. Джерела нуклонів. Взаємодія нуклонів з речовиною.
5. Спіни і магнітні моменти нуклонів.
6. Структура нуклонів, досліди Хофштадтера.

##### **Тема 3. Ядерні сили**

1. Дейтрон, потенціали взаємодії.
2. Обмінні сили.
3. Мезонна теорія ядерних сил. Потенціал Юкава.

##### **Тема 4. Квантування станів ядер**

1. Гамма-випромінювання ядер.
2. Внутрішня конверсія електронів.
3. Ефект Месбауера.
4. Магнітний момент ядра, метод Рабі.
5. Спін і магнітний момент ядра.
6. Ядерна ізомерія.

##### **Тема 5. Ядерні моделі**

1. Модель рідкої каплі.

2. Альфа-частинкова модель.
3. Модель Фермі-газу.
4. Модель ядерних оболонок.
5. Узагальнена модель ядра.
6. Оптична модель ядра.

## **Змістовий модуль 2. Взаємодія іонізаційного випромінювання з речовиною. Ядерні реакції. Елементарні частинки. Фізика високих енергій**

### **Тема 6. Прискорювачі частинок**

1. Електростатичний прискорювач.
2. Циклотрон.
3. Бетатрон.
4. Фазотрон, синхротрон.
5. Синхрофазотрон.
6. Великий адронний колайдер.

### **Тема 7. Взаємодія гамма- і X-променів з речовиною**

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.

### **Тема 8. Радіоактивний розпад**

1. Основні види і особливості радіоактивного розпаду.
2. Закон радіоактивного розпаду.
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.
10. Методи реєстрації заряджених частинок і гамма-квантів.

### **Тема 9. Ядерні реакції синтезу та поділу**

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 керуваної термоядерної реакції. Магнітна ізоляція плазми.
9. Термоядерні реакції у Всесвіті. Протонно-протонний і вуглецево-азотний цикл.

## Тема 10. Елементарні частинки. Фізика високих енергій

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. Резонансні частинки.
9. Частинки і античастинки, антиречовина.
10. Модель кварків.
11. Експериментальні докази кварк-глюонної структури нуклонів.

## Тема 11. Дозиметрія

1. Дозиметричні одиниці.
2. Біологічна дія випромінювання. Дозиметрія і захист від випромінювання.

### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
Л		п	лаб	Інд	Ср	
1	2	3	4	5	6	7
<b>МОДУЛЬ 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Будова і властивості атомних ядер</b>						
Тема 1. Розвиток уявлень про атомне ядро	12	2	1	1		8
Тема 2. Електрони і нуклони	15	3	2	2		8
Тема 3. Ядерні сили	15	3	1	2		9
Тема 4. Квантування станів ядер	17	4	2	2		9
Тема 5. Ядерні моделі	16	4	2	1		9
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	<i>75</i>	<i>16</i>	<i>8</i>	<i>8</i>		<i>43</i>
<b>Змістовий модуль 2. Взаємодія іонізаційного випромінювання з речовиною. Ядерні реакції. Фізика високих енергій</b>						
Тема 6. Прискорювачі частинок	12	3	2	-		7
Тема 7. Взаємодія гамма- і Хпроменів з речовиною	13	3	1	2		7
Тема 8. Радіоактивний розпад	13	3	1	2		7
Тема 9. Ядерні реакції синтезу та поділу	11	3	1	-		7

Тема 10. Елементарні частинки. Фізика високих енергій	12	3	2	-		7
Тема 11. Дозиметрія	14	1	1	4		8
Разом – зм. модуль 2	75	16	8	8		43
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>86</b>

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Енергія зв'язку нуклонів в ядрах. Використання формули Вайцзеккера.	1
2	Аналіз взаємодії протонів з речовиною. Обчислення обмінних сил.	1
3	Енергетичний розрахунок ядерних моделей.	1
4	Технічні характеристики прискорювачів елементарних частинок.	1
5	Вивчення ефекту утворення електрон-позитронних пар.	1
6	Аналіз радіоактивного закону розпаду.	1
7	Вивчення вікової радіоактивної рівноваги.	1
8	Вивчення альфа- та бета-розпадів.	1
9	Дозиметричні одиниці.	1
10	Ендотермічні та екзотермічні реакції.	1
11	Вивчення ланцюгових ядерних реакцій.	1
12	Аналіз роботи ядерних реакторів.	1
13	Вивчення термоядерних реакцій у Всесвіті.	1
14	Вивчення можливості створення керованих термоядерних реакцій.	1
15	Розрахунок реакцій з участю частинок і античастинок.	1
16	Вивчення законів збереження при ядерних реакціях.	1
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення роботи газорозрядного лічильника. Визначення мертвого часу газорозрядного лічильника.	2
2	Взаємодія гамма-випромінювання з речовиною.	2
3	Вивчення ефективності газорозрядного лічильника під час реєстрації гамма-квантів.	2
4	Визначення активності гамма-джерела	2
5	Визначення активності бета-джерела абсолютним методом.	2
6	Визначення верхньої межі бета-спектру.	2
7	Вивчення роботи сцинтиляційного гамма-спектрометра.	2
8	Вивчення роботи дозиметрів.	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення енергії зв'язку нуклонів в ядрах. Використання формули Вайцзеккера.	5
2	Аналіз взаємодії протонів з речовиною. Обчислення обмінних сил.	5
3	Енергетичний розрахунок ядерних моделей.	5
4	Технічні характеристики прискорювачів елементарних частинок.	6
5	Вивчення ефекту утворення електрон-позитронних пар.	5
6	Аналіз радіоактивного закону розпаду.	6
7	Вивчення вікової радіоактивної рівноваги.	5
8	Вивчення альфа- та бета-розпадів.	6
9	Дозиметричні одиниці.	5
10	Ендотермічні та екзотермічні реакції.	5
11	Вивчення ланцюгових ядерних реакцій.	6
12	Аналіз роботи ядерних реакторів.	5
13	Вивчення термоядерних реакцій у Всесвіті.	6
14	Вивчення можливості створення керованих термоядерних реакцій.	5
15	Розрахунок реакцій з участю частинок і античастинок.	6
16	Вивчення законів збереження при ядерних реакціях.	5
	<b>Разом</b>	<b>86</b>

## 10. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (контрольні роботи і колоквіум 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.

## 11. Розподіл балів, що присвоюється студентам

*Розподіл балів, які отримують студенти (для екзамену)*

Поточне тестування та самостійна робота		Робота на практичних	Робота на лабораторних	Підсумковий екзамен	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2				
Т1	Т3				
5	5	20	20	50	100



### Шкала оцінювання: Університету, національна та ECTS

<i>Оцінка в балах</i>	<i>Оцінка ECTS</i>	<i>Визначення</i>	<i>За національною шкалою</i>	
			<i>Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку</i>	<i>Залік</i>
90–100	<b>A</b>	<i>Відмінно</i>	<i>Відмінно</i>	<i>Зараховано</i>
81-89	<b>B</b>	<i>Дуже добре</i>	<i>Добре</i>	
71-80	<b>C</b>	<i>Добре</i>		
61-70	<b>D</b>	<i>Задовільно</i>	<i>Задовільно</i>	
51-60	<b>E</b>	<i>Достатньо</i>		

### **12. Методичне забезпечення**

1. 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.

### **13. Рекомендована література**

#### **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.

#### **Допоміжна**

1. П.П. Чолпан. Фізика. К.: Вища школа, 2003.-567 с.

### **14. 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>