

Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра теоретичної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан
фізичного факультету

_____ Якібчук П. М.

“_____” _____ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА МЕХАНІКА 1

Галузь знань **10 Природничі науки**
Спеціальність **105 Прикладна фізика та наноматеріали**
фізичного факультету

2020–2021 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Квантова механіка 1**» для студентів за галуззю знань **10 Природничі науки**, спеціальністю **105 Прикладна фізика та наноматеріали** 2020 року. — 8 с.

Розробник:

Гнатенко Х. П., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № _____ від “___” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри теоретичної фізики

_____ (Ткачук В. М.)

“___” _____ 20__ р

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № _____ від “___” _____ 20__ р.

“___” _____ 20__ р. Голова _____ (Якібчук П. М.)

© Львівський національний
університет імені Івана Франка, 2020

© Гнатенко Х. П. 2020

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 10 Природничі науки	Вибіркова
Модулів – 2	Спеціальність 105 прикладна фізика та наноматеріали	<i>Рік підготовки:</i> 3-й
Змістових модулів – 2	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	<i>Семестр</i> 6-й
Загальна кількість годин - 90		<i>Лекції</i> 32 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: <i>Аудиторних: 4</i> <i>Самостійної роботи студента: 1,6</i>		<i>Практичні</i> 32 год.
		<i>Лабораторні</i> год.
		<i>Самостійна робота</i> 26 год.
		<i>Вид контролю: залік</i>

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить для денної форми навчання 40 %.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

У курсі “Квантова механіка I” висвітлюються основні принципи та найпростіші задачі квантової механіки, яка є фундаментальним розділом теоретичної фізики.

Мета: ознайомити студентів з основними принципами квантової механіки

Завдання: навчити студентів самостійно виконувати математичний апарат квантової механіки, розв’язувати найпростіші задачі квантової механіки

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати основні поняття та принципи квантової механіки, розв’язки найпростіших задач квантової механіки

вміти: застосовувати математичний апарат квантової механіки для розв’язання найпростіших задач.

Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: математичний аналіз, векторний аналіз, диференціальні рівняння, механіка, атомна фізика, програмування.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Вступ до квантової механіки

Вступ

Основні етапи розвитку квантової теорії. Гіпотеза Планка і «стара» квантова механіка. Хвильова і матрична механіка.

Тема 1. Основні принципи квантової механіки

1. Опис стану в квантовій механіці. Хвильова функція.
2. Принцип суперпозиції. Хвильовий пакет. Хвильова функція вільної частинки.
3. Середні значення координати та імпульсу. Оператор імпульсу.

Тема 2. Математичний апарат квантової механіки

4. Оператори фізичних величин. Дії над операторами. Приклади операторів фізичних величин.
5. Власні функції і власні значення операторів. Властивості власних значень і власних функцій ермітових операторів.
6. Співвідношення невизначеностей для фізичних величин, що представляються некомутуючими операторами.
7. Різні представлення хвильових функцій. Бра- і Кет- вектори. Різні представлення операторів. Матриці операторів.

Тема 3. Рівняння Шредінгера

8. Хвильове рівняння Шредінгера.
9. Рівняння неперервності. Закон збереження густини ймовірності.
10. Зміна середніх значень фізичних величин з часом. Квантові дужки Пуасона.
11. Стаціонарні стани. Представлення Шредінгера і представлення Гайзенберга.

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 2. Найпростіші задачі квантової механіки та момент кількості руху

Тема 4. Найпростіші задачі квантової механіки

12. Частинка в потенціальній ямі з безмежно високими стінками.
13. Гармонічний осцилятор. Хвильовий та матричний підходи. Оператори народження і знищення.
14. Проходження частинки через потенціальний бар’єр.

Тема 5. Зв'язок квантової механіки з класичною

15. Перехід від квантових рівнянь руху до класичних. Розпливання хвильових пакетів з часом.

16. Хвильова функція в квазікласичному наближенні. Метод Вентцеля-Крамерса-Бріллюена.

17. Правило квантування Бора-Зоммерфельда.

18. Квантова механіка і інтеграли по траєкторіях.

Тема 6. Момент кількості руху

19. Оператор повороту і орбітальний момент кількості руху.

20. Власні значення і власні функції операторів квадрата та проекцій моменту кількості руху.

21. Власні функції операторів квадрата та проекцій орбітального моменту кількості руху.

22. Оператор моменту кількості руху для $j = 1/2$.

3. 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
МОДУЛЬ 1						
Змістовий модуль 1. Вступ до квантової механіки						
Тема 1. Основні принципи квантової механіки	12	4	4			4
Тема 2. Математичний апарат квантової механіки	16	6	6			4
Тема 3. Рівняння Шредінгера	17	6	6			5
Разом – зм. модуль 1	45	16	16			13
МОДУЛЬ 2						
Змістовий модуль 2. Найпростіші задачі квантової механіки та момент кількості руху						
Тема 4. Найпростіші задачі квантової механіки	17	6	6			5
Тема 5 .Зв'язок квантової механіки з класичною	12	4	4			4
Тема 6. Момент кількості руху	16	6	6			4
Разом – зм. модуль 2	45	16	16			13
Усього годин	90	32	32			26

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні принципи квантової механіки. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.	2
2	Зведення операторів до нормального вигляду. Комутатор.	2
3	Оператор інверсії. Оператор трансляції.	2
4	Спрощення операторних виразів.	2
5	Власні значення, власні функції оператора.	2
6	Різні зображення станів та операторів.	2
7	Рівняння Шредінгера.	2
8	Частинка в потенціальних ямах різної форми.	4
9	Гармонічний осцилятор.	4
10	Метод операторів породження-знищення.	2
11	Зв'язок квантової механіки з класичною. Правило квантування Бора–Зоммерфельда	4
12	Оператор моменту кількості руху.	4
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
VI семестр		
1	Принцип суперпозиції (приклади з теорії ядерних сил, квантової хімії, фізики твердого тіла, Кіт Шредінгера).	4
2	Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. Мінімізуючий хвильовий пакет. (Приклади: розміри атомного ядра, рідкий гелій, енергія основного стану атома).	4
3	Когерентні стани.	4
4	Гармонічний осцилятор. Хвильовий та матричний підходи	6
5	Холодна емісія електронів з металу.	4
6	Теорія Гамова α -розпаду важких ядер.	4
	Разом	26

10. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни «Квантова механіка» застосовують такі методи навчання:

- *Наочні*: виведення на дошці основних співвідношень на лекціях і практичних заняттях.
- *Практичні*: задачі для практичних занять.

11. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (контрольні роботи за двома змістовими модулями, $2 \times 20 = 40$ балів), оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (10 балів) — разом за семестр 50 балів. Заліковий бал дорівнює семестровій оцінці, помноженій на 2. Сумарна оцінка за семестр виставляється за 100-бальною шкалою.

12. Розподіл балів, що присвоюється студентам

Приклад розподілу балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Робота на практичних	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2		
T1-T3	T4-T6		
20	20	10	$50 \times 2 = 100$

Приклад розподілу балів, які отримують студенти (для екзамену) II семестр

Шкала оцінювання: Університету, національна та ECTS

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

13. Методичне забезпечення

До системи методичного забезпечення дисципліни належить програма курсу, робоча навчальна програма, тестові завдання для модульного контролю.

14. Рекомендована література

Базова

1. Вакарчук І. О., Квантова механіка (видання четверте, доповнене). Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. 872 стор. <http://www.ktf.franko.lviv.ua/personal/vakarchuk.html>
2. Вакарчук І. О., Кулій Т. В., Книгіницький О. В., Ткачук В. М.. Збірник задач з квантової механіки. Львів, 1996.
3. Ткачук В. М., Фундаментальні проблеми квантової механіки. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 144 стор. <http://www.ktf.franko.lviv.ua/books/Tkachuk-FPQM.pdf>
4. Юхновський І. Р. Квантова механіка. К., 1995.
5. Глауберман А. Ю. Квантова механіка. Львів, 1962.
6. Dirac P. A. M. Principles of quantum mechanics Oxford at the Clarendon press, 1947.

7. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М., 1989.
8. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 8,9. М., 1966.
9. Karov V. G., Patmiou M. Physics in the information age: qualitative methods in quantum mechanics. European Journal of Physics, 41, 035407, 2020. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7c6a>
10. Mostowski J., Pietraszewicz J. Quantum versus classical angular momentum. European Journal of Physics, 41, 025402, 2020. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab4b2d>

Допоміжна

1. Ферми Е. Квантовая механика: Конспект лекций. М., 1968.
2. Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М., 1968.
3. Зоммерфельд А. Строение атома и спектра. Т.2. М., 1956.
4. Jelic V., Marsiglio F. The double-well potential in quantum mechanics: a simple, numerically exact formulation. European Journal of Physics, 33, 1651, 2012. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/33/6/1651>

15. Інформаційні ресурси

1. Wikipedia. <http://www.wikipedia.org>
2. <https://arxiv.org/>