

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра теоретичної фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

О.В.Запорожченко

2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КВАНТОВА МЕХАНІКА

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-науковий) рівень – бакалавр

Галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія
(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія

Вид дисципліни обов'язкова

Факультет Математики, Фізики та Інформаційних Технологій
(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

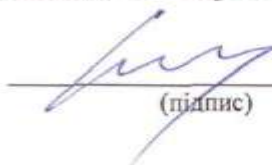
Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, професор Кулінський В.Л.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики та астрономії Протокол №1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри


(підпис)

Адамян В.М.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “ 3 ” вересня 2020 року

Голова НМК


(підпис)

Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Квантова механіка» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки першого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (бакалавр).
Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія».
Освітньо-наукова програма: «Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є: вивчення майбутнім бакалаврами з фізики та астрономії основних положень квантової теорії та методів рішення задач; формування навичок аналізу квантових явищ, знайомство студентів з теоретичними основами сучасних нанотехнологій.

Засвоєння фундаментальних фізичних складових, отримання практичних навичок, що здобуваються в межах дисципліни «Квантова механіка» є умовою для подальшого ефективного вивчення дисциплін за вибором з циклу професійної підготовки, успішного виконання дипломної роботи.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є: засвоєння бакалаврами основних методів квантової теорії .
Інтегральна компетентність (ІК) - здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (K01),
- Здатність управління інформацією (пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел) (K02),
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (K03),
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (K09),

Фахові компетентності:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (K16)
- Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів. (K17)
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. (K22)
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. (K24)
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (K28)

1.3. Кількість кредитів 7

1.4. Загальна кількість годин 210

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна/за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3,4-й
Лекції
60 год.
Практичні/семінарські
46 год.
Лабораторні
-
Самостійна робота
104 год.
У тому числі індивідуальні завдання
-

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою «Фізика та астрономія»

спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» бакалаври можуть досягти наступних результатів навчання:

- Оволодіти основними методами квантової механіки: варіаційний метод, метод теорії збурень, операторні методи та методи спеціальних функцій;
- Знати актуальні напрями наукових досліджень з фізики та астрономії та аналізувати історію розвитку фізики в порівнянні з сучасною проблематикою науки;

2. Тематичний план навчальної дисципліни

3 рік

Змістовий модуль 1. Основи квантової механіки

- Тема 1. Хвильові пакети. Співвідношення невизначеності для хвильових пакетів. Дисперсія хвиль де Бройля.
- Тема 2. Проекційний постулат. Імовірнісний зміст амплітуд розподілу хвильової функції по плоским хвилям.
- Тема 3. Зображення фізичних величин операторами у гільбертовому просторі хвильових функцій.
- Тема 4. Операторне формулювання принципу невизначеності. Комутатор операторів.
- Тема 5. Зміна квантового стану з часом. Оператор еволюції. Рівняння Шредингера і Гейзенберга.
- Тема 6. Стаціонарні стани частинки у потенціальному полі. Одновимірне розсіяння.
- Тема 7. Симетрія і закони збереження. Закон збереження імпульсу. Обертальна симетрія.
- Тема 8. Поняття про спин. Складення орбітального і спінового моментів. Гамільтоніан Паулі.
- Тема 9. Лінійний гармонічний осцилятор
- Тема 10. Атом водню. Спектр, інтеграли руху та хвильові функції.

4 рік

Змістовий модуль 2. Наближенні методи квантової механіки

- Тема 11. Квазикласичне наближення у квантовій механіці. Правила квантування Бора-Зомерфельда.
- Тема 12. Стаціонарна теорія збурень для невиродженого рівня. Поправки 1-го та 2-го порядку до енергетичного рівня та хвильової функції.
- Тема 13. Природа ван дер Ваальсових сил. Стаціонарна теорія збурень для виродженого рівня. Зникнення виродження у першому порядку. Ефект Штарка у атомі водню і воднеподібних атомах.
- Тема 14. Постановка задачі нестационарної теорії збурень. Перше наближення для хвильової функції.
- Тема 15. Переходи під дію гармонічного за часом збурення. Імовірність переходу за одиницю часу. Переходи у стан неперервного спектру. Золоте правило Фермі.
- Тема 16. Постановка задачі розсіяння у квантовій механіці. Амплітуда розсіяння та її основні властивості.
- Тема 17. Принцип тотожності частинок. Бозони та ферміони. Хвильова функція системи взаємодіючих бозонів, ферміонів. Обмінна взаємодія. Структура багатоелектронних атомів та молекул.
- Тема 18. Поглинання та випромінювання світла квантовими системами. Електромагнітне поле у порожнині як система осциляторів.
- Тема 19. Формалізм ізотопічного спіна. Алгебра операторів ізоспіна. Ізотопічна інваріантність ядерних сил. Рівні енергії ядер. Квантові числа елементарних частинок.
- Тема 20. Елементи релятивістської квантової теорії. Рівняння Дірака та Клейна-Гордона.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Основи квантової механіки						
1	10	4	2			4
2	10	4	2			4
3	6	2	0			4
4	10	4	2			4
5	8	2	2			4
6	8	2	2			4
7	12	4	2			6
8	8	2	0			6
9	8	2	2			6
10	14	4	2			8
Змістовий модуль 2. Наближенні методи квантової механіки						
11	12	4	2			6
12	12	4	2			6
13	10	2	2			6
14	12	4	2			6
15	10	2	2			6
16	8	2	0			6
17	12	4	2			6
18	6	2	0			4
19	8	2	2			4

20	10	4	2			4
	210	60	46			104

4. Теми практичних занять

1. Обчислення середніх від функцій координат та імпульсів
2. Еволюція гаусівського пакета
3. Проекційні оператори в просторі Q-bit
4. Закон збереження ймовірності. Густина струму ймовірності.
5. Рішення одновимірних задач на спектр частинки в ямах
6. Алгебра операторів проекцій моменту імпульса. Власні функції
7. Алгебра матриць Паулі. Задачі на правило складання моментів.
8. Власні функції стаціонарних станів осцилятора. Когерентні стани.
9. Алгебра інтегралів руху атома водню.
10. Задачі на застосування метода ВКБ
11. Варіаційний метод. Атом гелію.
12. Наближення Хартрі та Хартрі-Фока
13. Модель Томаса-Фермі.
14. Фотоефект. Індикатриса.
15. Електричне та магнітне дипольне та квадрупольне випромінювання
16. Борнівське наближення в теорії розсіяння.

5. Завдання для самостійної роботи

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним і робочим планом

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та практичних занять. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

8. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект з лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; домашні завдання. Підсумковий семестровий контроль (залік). Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Число балів
1	Відвідування лекцій	Конспект	5
2	Активність на семінарах		3-5

Σ Разом			8-10
----------------	--	--	------

9. Схе́ма нарахува́ння бала́в

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання	Залікова робота	Сума
--	-----------------	------

Розділ 1-3

Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальне завдання	Разом
T1	T2		
20	20	60	100

9. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 30 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 30 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 25 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 26 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 20 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру

Оцінка для чотирирівневої шкали оцінювання

для дворівневої шкали оцінювання

90 – 100 відмінно

зараховано

70-89 добре

50-69 задовільно

1-49 незадовільно не зараховано

10. Рекомендована література

1. Давыдов А.С., Квантовая механика, М. Наука, 1973.
2. Ферми Э., Квантовая механика, М.: Мир 1968.
3. Блохинцев Д.И., Основы квантовой механики, М. Наука, 1987.
4. Соколов А.А., Лоскутов Ю.М., Тернов И.М., Квантовая механика, М. Наука, 1962.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика, М. Наука, 1989.
6. Фок В.А., Начала квантовой механики, М. Наука, 1973.
7. Дирак П.А., Принципы квантовой механики, М. Наука, 1973.
8. Вакарчук І.О., Квантова механіка, ЛДУ, Львів 1998.
9. Юхновський І.Р., Квантова механіка, К. Либідь 1995.
10. Боум А. , Квантовая механика: основы и приложения, М. Мир 1990.
11. Фейнман Р. и др., Квантовая механика. Фейнмановские Лекции по Физике (ФЛФ), т. 8,9. М. Мир 1966.
12. А. Садбери, Квантовая механика и физика элементарных частиц, М. Мир 1989.
13. <https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/video-lectures/>