

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор

з науково-педагогічної роботи



Пантелеймонов А.В.

25 червня 2019 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

КВАНТОВА МЕХАНІКА

спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: «Прикладна фізика енергетичних систем»
факультет фізико-енергетичний

2019 / 2020 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізико-енергетичного факультету

“25” червня 2019 року, протокол № 6/19

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Немченко Костянтин Едуардович, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор

Програму схвалено на засіданні кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

Протокол від “24” червня 2019 року № 6/19

Завідувач кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах


(підпис)

Немченко К.Е.

Програму погоджено методичною комісією фізико-енергетичного факультету

Протокол від “25” червня 2019 року № 6/19

Голова методичної комісії фізико-енергетичного факультету


(підпис)

Лісіна О.Ю.

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Квантова механіка” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавр

спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма: «Прикладна фізика енергетичних систем»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни:

Підготовка фахівців зі спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали до розуміння основ нерелятивістської квантової механіки, формування наукового підходу до вирішення задач, виникаючих при розгляді фізичних явищ на основі квантової теорії, необхідних для розвитку фізичних та енергетичних технологій на об'єктах енергетики.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

Забезпечити формування у студентів знань основних фактів і методів нерелятивістського наближення квантової механіки, отримання навиків застосування наукових знань на практиці при аналізуванні та вирішенні фізичних задач, які виникають при вирішенні фізичних проблем мікроскопіки.

1.3. Кількість кредитів: 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

<u>Нормативна</u> / за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й
Семестр
6-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
32 год.
Лабораторні заняття
0 год.
Самостійна робота
56 год.
Індивідуальні завдання
0 год.
Усього
120

1.6. Заплановані результати навчання:

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

Знати: Основні поняття, визначення, закони та факти квантової механіки – хвильова функція, хвилі де-Бройля, стан квантової системи, довжина хвилі, рівняння Шредінгера,

квантування моменту, спіні та інші. Борнівська теорія збурень. Бра та кет-вектори, Гільбертів та Банахів простір станів. Квантова Кеплерова задача. Тунельний ефект. Вміти: застосувати отримані знання на практиці при описі фізичних мікроскопічних явищ при надмалих та великих енергіях; вміти розв'язувати типові задачі з знаходження зв'язаних станів, коефіцієнтів проходження частинок при розсіюванні на потенціалі, обчислювати терми атомів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття та загальна теорія.

Тема 1. Вступ.

Місце квантової механіки в сучасній фізичній науці. Основні експериментальні факти, що лежать в основі квантової механіки. Хвилі де-Бройля.

Тема 2. Хвильова функція.

Принципи побудови та постулати квантової механіки. Поняття хвильової функції.

Оператори фізичних величин. Принцип суперпозиції.

Тема 3. Оператори величин.

Оператори координати і імпульсу, рівняння на власні значення і власні функції, розкладання, координатне та імпульсне представлення хвильової функції.

Тема 4. Матриці операторів.

Матриці операторів. Унітарні перетворення базису. Одночасна вимірність фізичних величин. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.

Тема 5. Рівняння Шредінгера.

Часове рівняння Шредінгера. Загальне рішення рівняння Шредінгера у випадку стаціонарного гамільтоніана. Стаціонарні стани. Щільність потоку ймовірності.

Тема 6. Залежність від часу.

Залежність середніх від часу. Інтеграли руху. Закони збереження та симетрії. Збереження парності.

Тема 7. Загальні властивості станів.

Загальні властивості стаціонарних станів одновимірного руху для дискретного спектра.

Квантування енергії в потенціальній ямі. Осциляційна теорема.

Тема 8. Прямокутна потенційна яма.

Нескінченно глибока прямокутна потенціальна яма. Спектр, стаціонарні стани, розкладання по власних функціях гамільтоніана, середні.

Розділ 2. Конкретні фізичні системи.

Тема 9. Осцилятор.

Гармонійний осцилятор. Рівні енергії і хвильові функції. Нульова енергія. Оператори народження та знищення.

Тема 10. Тунельний ефект.

Загальні властивості стаціонарних станів одновимірного руху в разі безперервного спектру. Проходження потенційних бар'єрів. Тунельний ефект.

Тема 11. Приклади.

Приклади: теорія альфа-розпаду ядра за Гамовим та холодна емісія електронів з поверхні металу.

Тема 12. Момент імпульсу.

Момент імпульсу: оператори, комутаційні співвідношення, рішення рівнянь на власні значення. Матриці операторів моменту.

Тема 13. Спін частинки.

Поняття про спін частинки. Спінорна хвильова функція. Коммутатори.

Тема 14. Задача двох тіл.

Задача двох тіл. Рух в центральному полі. Загальні властивості руху в центральному полі. Виродження по проекції і випадкове виродження. Рівняння для радіальної хвильової функції. Класифікація стаціонарних станів дискретного спектра в центральному полі.

Тема 15. Водородоподібний атом.

Водородоподібний атом. Рівні енергії і хвильові функції. Кратність виродження.

Сферичний осцилятор. Рішення рівняння Шредінгера в декартових і сферичних координатах.

Тема 16. Квазікласичне наближення.

Квазікласичне наближення. Рішення рівняння Шредінгера та зшивання квазікласичних рішень. Правило квантування Бора-Зомерфельда. Квазікласичний коефіцієнт проходження крізь бар'єр.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Шостий семестр:												
Розділ 1. Основні поняття та загальна теорія												
Тема 1. Вступ.	8	2	2			4						
Тема 2. Хвильова функція.	8	2	2			4						
Тема 3. Оператори величин.	8	2	2			4						
Тема 4. Матриці операторів	8	2	2			4						
Тема 5. Рівняння Шредінгера.	7	2	2			3						
Тема 6. Залежність від часу.	7	2	2			3						
Тема 7. Загальні властивості станів.	7	2	2			3						
Тема 8. Прямокутна потенційна яма.	7	2	2			3						
Разом за розділом 1	60	16	16			28						
Розділ 2. Конкретні фізичні системи												
Тема 9. Осцилятор.	8	2	2			4						
Тема 10. Тунельний ефект.	8	2	2			4						
Тема 11. Приклади.	8	2	2			4						
Тема 12. Момент імпульсу.	8	2	2			4						
Тема 13. Спін частинки.	7	2	2			3						
Тема 14. Задача двох тіл.	7	2	2			3						
Тема 15. Водородоподібний атом.	7	2	2			3						
Тема 16.	7	2	2			3						

Квазікласичне наближення.												
Разом за розділом 2	50	16	16			28						
Усього годин	120	32	32			56						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ.	2
2	Хвильова функція.	2
3	Оператори величин.	2
4	Матриці операторів	2
5	Рівняння Шредінгера.	2
6	Залежність від часу.	2
7	Загальні властивості станів.	2
8	Прямокутна потенційна яма.	2
9	Осцилятор.	2
10	Тунельний ефект.	2
11	Приклади.	2
12	Момент імпульсу.	2
13	Спін частинки.	2
14	Задача двох тіл.	2
15	Водородоподібний атом.	2
16	Квазікласичне наближення.	2

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ.	4
2	Хвильова функція.	4
3	Оператори величин.	4
4	Матриці операторів	4
5	Рівняння Шредінгера.	3
6	Залежність від часу.	3
7	Загальні властивості станів.	3
8	Прямокутна потенційна яма.	3
9	Осцилятор.	4

10	Тунельний ефект.	4
11	Приклади.	4
12	Момент імпульсу.	4
13	Спін частинки.	3
14	Задача двох тіл.	3
15	Водородоподібний атом.	3
16	Квазікласичне наближення.	3
Разом		56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено

7. Методи контролю

Сумарна кількість балів, яку студент отримує по закінченні вивчення дисципліни складається з кількості балів, отриманих по кожному з двох розділів та кількості балів, отриманих на підсумковому семестровому контролі – екзамені.

При оцінюванні кожного розділу враховуються робота студента на практичних заняттях (максимум 7 балів), самостійна робота (максимум 3 бали), та правильність виконання завдань письмової контрольної роботи по закінченні кожного розділу (максимум 20 балів). Таким чином за кожний з двох розділів студент може отримати максимум 30 балів. Максимальна кількість балів за екзамен складає 40.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання в кожному з двох розділів:

1. Експрес-контроль (ваговий бал – 3) проводиться тричі в кожному розділі у формі усного опитування з метою перевірки якості самостійної роботи студента і освоєння лекційного матеріалу. Тривалість експрес-контролю 5-10 хвилин. Кожен експрес-контроль включає запитання, за правильну відповідь на яке студент отримує 1 бал. Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.
2. Контроль на практичних заняттях (ваговий бал – 7) проводиться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії. Студент отримує задачу, яку зобов'язаний розв'язати у дошки перед загальною аудиторією.

Критерії оцінювання:

- Повністю самостійно та правильно розв'язана задача оцінюється в 7 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але присутні незначні грубі помилки в розрахунках, які виправив викладач, оцінюється в 6 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але розрахунки виконані за допомогою викладача, оцінюється в 5 балів;
- Задача, при розв'язанні якої присутні незначні помилки в логіці розв'язанні, які виправив викладач, при правильних розрахунках оцінюється в 4 бали;
- Задача, при розв'язанні якої присутні незначні помилки в логіці розв'язанні, які виправив викладач, при помилках в розрахунках оцінюється в 3 бали;
- Задача, при розв'язанні якої присутні суттєві помилки в логіці розв'язання, які виправив викладач, оцінюється в 2 бали;
- Задача, при розв'язанні якої всю логіку розв'язання викладач наводить замість студента, оцінюється в 1 бал;
- Повна нездатність розв'язати задачу навіть з допомогою викладача оцінюється в 0 балів.

Якщо інший студент, що знаходиться в аудиторії розв'язує задачу самостійно, скоріше ніж хід розв'язання викладається на дошці, то він також отримує оцінку згідно з критеріями, що зазначені вище.

3. Модульний контроль (ваговий бал — 20) проводиться у вигляді модульної контрольної роботи (МКР) тривалістю 2 академічні години. Кожна з МКР складається з чотирьох задач, кожна з яких оцінюється в 5 балів.

Критерії оцінювання:

- Повністю правильно розв'язана задача оцінюється в 5 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але присутні незначні грубі помилки в розрахунках, оцінюється в 4 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але присутні грубі помилки в розрахунках, оцінюється в 3 бали;
- Задача, при розв'язанні якої присутні незначні помилки в логіці розв'язання оцінюється в 2 бали;
- Задача, при розв'язанні якої присутні суттєві помилки в логіці розв'язання оцінюється в 1 бал;
- Повністю неправильно виконане завдання, або відсутність студента на МКР оцінюється в 0 балів.

Якщо студент отримав оцінку менше 5 балів за МКР, то він може переписати цю роботу, але не більше двох разів.

Екзаменаційна робота (ваговий бал - 40). Необхідною умовою допуску студента до екзамену з дисципліни є позитивний рейтинг з усіх форм семестрової атестації, але не менше 10 балів.

Екзаменаційний білет містить одне теоретичне питання і одну задачу.

Критерії оцінювання відповіді на теоретичне питання:

- Повністю розкриті теоретичне питання оцінюються в 20 балів
- Якщо питання висвітлювалося в повному об'ємі, але з незначними помилками – 16 балів.
- Якщо питання висвітлювалося в повному об'ємі, але з істотними помилками – 12 балів.
- Часткова відповідь на питання – 8 бали,
- Часткова відповідь на питання при наявності помилок – 4 бали,
- Відсутність відповіді – 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання екзаменаційної задачі:

- Повністю правильно розв'язана задача оцінюється в 20 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але присутні незначні грубі помилки в розрахунках, оцінюється в 16 балів;
- Задача, при розв'язанні якої правильно обрана логіка, але присутні грубі помилки в розрахунках, оцінюється в 12 балів;
- Задача, при розв'язанні якої присутні незначні помилки в логіці розв'язання оцінюється в 8 бали;
- Задача, при розв'язанні якої присутні суттєві помилки в логіці розв'язання оцінюється в 4 бали;

Повністю неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання	
назва теми	кількість балів
Розділ 1	
T1	3
T2	3

T3	3
T4	3
T5	3
T6	3
T7	3
T8	3
Контрольна робота, передбачена навчальним планом	6
Усього	30
Розділ 2	
T9	3
T10	3
T11	3
T12	3
T13	3
T14	3
T15	3
T16	3
Контрольна робота, передбачена навчальним планом	6
Усього	30
Іспит	40
Сума	100

T1, T2 ... T16 – теми модулів

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука. 1972.
2. Давыдов А.С. Квантовая механика. М.: Наука, 1963.
3. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. М.: Наука, 1981 (другие издания - 1992, в двух томах - 2001).

Допоміжна література

4. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. М.: Наука, 1979.
5. Л. Шифф. Квантовая механика. М.: Иностранная литература. 1959.
6. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики, М.: Наука, 1976.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Інтернет.
2. Бібліотеки ХНУ ім. Каразіна та ІПМаш НАН України