

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

_____ Е.М. Скафа
« 21 » _____ декабря 2016 г.



Рабочая программа учебной дисциплины
«КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА»

(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки:

44.03.05 Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)

Профиль подготовки:

Физика и информатика

Образовательный уровень выпускника:

бакалавр

Форма обучения:

очная, заочная, ускоренная

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

Малюк Н.Г.

«16» декабря 2016 г.

М.П.



Программа учебной дисциплины «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «20» апреля 2016 г. № 422 и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. № 750.

Разработчик

К. ф.-м. н., доцент кафедры теоретической
физики и нанотехнологий

Старший преподаватель кафедры теоретической
физики и нанотехнологий

В. И. Фиошин

В. Д. Пойманов

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической
физики и нанотехнологий

Протокол № 8 от «8» декабря 2016 г.

И.о. зав. кафедрой теоретической физики и нанотехнологий

В.Н. Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-
технического факультета

Протокол № 4 от «14» декабря 2016 г.

Председатель учебно-методической
комиссии физико-технического факультета

В.Н. Котенко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Программа учебной дисциплины «Квантовая механика» является частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Учебная дисциплина «Квантовая механика» принадлежит к базовой части профессионального блока учебного плана.

2. Нормативные ссылки (при необходимости)**3. Структура дисциплины (модуля)**

| Характеристика учебной дисциплины | очная форма обучения на базе | | *заочная форма обучения на базе | | |
|---|---|---------------|---------------------------------|--------------|--------------|
| | ОСО | СПО (ускор.) | ОСО | СПО (ускор.) | ВПО (ускор.) |
| Уровень высшего профессионального образования | Бакалавриат | | | | |
| Образовательно-квалификационный уровень: | Академический бакалавр | | | | |
| Направление подготовки | 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) | | | | |
| Профиль | учитель физики и информатики | | | | |
| Количество содержательных модулей (тем) | 2(10) | | | | |
| Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы ¹ | Профессиональный блок, Базовая часть | | | | |
| Формы контроля | МК и экзамен | | | | |
| Показатели | очная форма обучения на базе | | *заочная форма обучения на базе | | |
| | ОСО | *СПО (ускор.) | ОСО | СПО (ускор.) | ВПО (ускор.) |
| Количество зачетных единиц (кредитов) | 4 | | | | |
| Количество часов | 144 | | | | |
| Год подготовки | 4 | | | | |
| Семестр | 8 | | | | |
| Количество часов | | | | | |
| - лекционных | 34 | | | | |
| - практических, семинарских | 34 | | | | |
| - лабораторных | | | | | |
| - самостоятельной работы | 76 | | | | |
| в т.ч. индивидуальное задание | | | | | |
| Недельное количество часов, т.ч. | 4 | | | | |
| аудиторных | 4 | | | | |

ОСО – общее среднее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи

Цель и задачи преподавания учебной дисциплины «Квантовая механика» - формирование знаний и умений студента в области решения задач по расчету квантовомеханических систем.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) общекультурных (ОК):

способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве (ОК-3);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-6);

б) общепрофессиональных (ОПК):

готовностью сознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать мотивацией к осуществлению профессиональной деятельности (ОПК-1);

способностью осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся (ОПК-2);

готовностью к психолого-педагогическому сопровождению учебно-воспитательного процесса (ОПК-3);

готовностью к профессиональной деятельности в соответствии с нормативно-правовыми документами сферы образования (ОПК-4);

способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-7);

в) профессиональных (ПК):

педагогическая деятельность:

способностью осуществлять педагогическое сопровождение социализации и профессионального самоопределения обучающихся (ПК-5);

готовностью к взаимодействию с участниками образовательного процесса (ПК-6);

способностью организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать их активность, инициативность и самостоятельность, развивать творческие способности (ПК-7);

проектная деятельность:

способностью проектировать индивидуальные образовательные маршруты обучающихся (ПК-9);

способностью проектировать траектории своего профессионального роста и личностного развития (ПК-10);

научно-исследовательская деятельность:

готовностью использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования и науки (ПК-11);

способностью руководить учебно-исследовательской деятельностью обучающихся (ПК-12);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

1) *знать*: основные понятия квантовой механики; принципы квантовой механики; уравнения Шредингера; переход к квазиклассическому приближению; теория возмущений; движение в центрально-симметричном поле; метод вторичного квантования; квантовая статистика и системы тождественных частиц.

2) *уметь*: вычислять собственные функции и собственные значения операторов физических величин, как методом решения дифференциальных уравнений для потенциала поля, так и на основе интегральных теорем; вычислять волновые функции квантово-механических систем и

плотность вероятности квантово-механических состояний; вычислять коэффициенты прохождения потенциальных барьеров; вычислять энергетические спектры частиц в потенциальных ямах; решать задачи квантовой механики методом теории возмущений.

3) *владеть*: навыками вычисления собственных функций и собственные значения операторов физических величин, волновых функций квантово-механических систем и плотностей вероятности квантово-механических состояний и др.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

| Порядковый номер и тема | Краткое содержание темы |
|---|--|
| | Содержательный модуль 1 |
| Тема 1. Основные понятия квантовой теории. | Принцип неопределенности. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Операторы. Составление и умножения операторов. Операторы физических величин. Дискретный и непрерывный спектры. Собственные функции и собственные значения линейных операторов. |
| Тема 2. Энергия и импульс. | Оператор Гамильтона. Дифференцировки операторов по времени. Стационарные состояния. Гайзенберговские наводнения операторов. Матрицы. Преобразование матриц. Импульс. Импульсное наведение. Соотношение неопределенности Гайзенберга. |
| Тема 3. Уравнение Шредингера. | Уравнения Шредингера. Предельный переход к классической механике. Основные свойства уравнения Шредингера. Плотность потока. Вариационный принцип. Общие свойства одномерного движения. Потенциальный ящик. Линейный осциллятор. Коэффициент прохождения. |
| Тема 4. Момент импульса. | Момент импульса. Собственные значения оператора момента. Собственные функции оператора момента. Матричные элементы операторов момента. Составление моментов. Коэффициенты Клебш-Гордана. |
| Тема 5. Движение в центрально-симметричному поле. | Движение в центрально-симметричном поле. Движение в колоннов поле (сферические координаты). Атом водорода. Гибридизация волновых функций и химическая связь в молекулах. |
| | Содержательный модуль 2 |
| Тема 6. Теория возмущений. | Стационарная теория возмущений. Случай наличия вырождения. Секулярное уравнение. Возмущения, зависящие от времени. Переходы под действием возбуждения, действует в течении конечного времени. Переходы под действием периодического возбуждения. Соотношение неопределенности для энергии. |
| Тема 7. Квазиклассический случай. | Волновая функция в квазиклассическом случае. Граничные условия в квазиклассическом случае. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение сквозь потенциальный барьер. |
| Тема 8. Спин. | Спин. Оператор спина. СПИНОР. Спиноры высших рангов. Волновая функция частиц с произвольным спином. Связь спина с векторами. |
| Тема 9. Системы | Принцип неразличения частиц. Три вида квантовых чатинок. |

| | |
|-------------------------|--|
| тождественных частиц. | Обменное взаимодействие. Симметрия по отношению к перестановкам. Комбинаторика квантовых многочастичных систем. Статистика Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна. Смеси частиц разных типов. Атом гелия. Вторично квантования в случаях статистики Бозе. Вторично квантования в случае статистики Ферми. |
| Тема 10. Атом | Атомные уровни энергии. Состояния электронов в атоме. Уровни энергии в водородоподобных атомах. Самосогласованное поле. Уравнения Томаса-Ферми. Тонкая структура атомных уровней. Периодическая система элементов Менделеева. Эффект Штарка. |

Тематический план (заполняется согласно учебному плану)

[illegible]

[illegible]

(пп. 6-10 являются необязательной формой и носят рекомендательный характер)

6. Темы семинарских занятий – не предусмотрено рабочим планом.

7. Темы практических занятий

Тема 1. Основные понятия квантовой теории.

Основные понятия теории линейных операторов. Собственные функции и собственные значения.

[8] Задачи: 1.1-1.14, 1.19-1.25, 1.29-1.34.

Тема 2. Энергия и импульс.

Оператор Гамильтона. Дифференцировки операторов по времени. Стационарные состояния. Матрицы. Преобразование матриц. Импульс. Импульсное наведение.

[8] Задачи: 1.41-1.67

Тема 3. Уравнение Шредингера.

Общие свойства одномерного движения. Потенциальный ящик. Линейный осциллятор. Коэффициент прохождения.

[8] Задачи 2.1 - 2.34.

Тема 4. Момент импульса.

Собственные значения оператора момента. Собственные функции оператора момента. Матричные элементы операторов момента. Составление моментов.

[8] Задачи: 3.1 - 3.33.

Тема 6. Теория возмущений.

Стационарная теория возмущений. Нестационарная теория возмущений.

[4] Задачи 8.1 - 8.29.

Тема 7. Квазиклассическое приближение.

Квантования энергетических уровней. Квазиклассические волновые функции.

[4] Задачи 8.1 - 8.29.

Тема 8. Спин.

Спин. Оператор спина.

[4] Задачи 5.1 - 5.35.

Тема 9. Системы тождественных частиц.

Симметрия волновых функций. Основы формализма вторичного квантования.

[4] Задачи: 10.1 - 10.34.

8. Темы лабораторных занятий – не предусмотрено рабочим планом.

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу «Квантовая механика» предусматривает:

- разработки теоретических основ прослушанного лекционного материала;
- изучение отдельных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы;
- подготовку к практическим занятиям;
- самостоятельное решение задач;
- подготовку к модульному контролю.

Темы для самостоятельной работы

1. Основные свойства уравнения Шредингера.
2. Матрицы. Преобразование матриц.
3. Потенциальный ящик.
4. Линейный осциллятор.
5. Потенциальный ящик.
6. Коэффициент прохождения.
7. Коэффициент Клебш-Гордана.
8. Переходы под действием возмущения, действует в течении конечного времени.

9. Соотношение неопределенности для энергии.
10. Прохождение сквозь потенциальный барьер.
11. Связь спина с векторами.
12. Уравнение Томаса-Ферми.
13. Уровни энергии водородоподобных атомов.
14. Периодическая система элементов Менделеева

10. Индивидуальные задания – не предусмотрено рабочим планом.

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации (зачет)

1. Волновая функция. Принципы неопределенности и суперпозиции в квантовой теории.
1. Операторы физических величин в квантовой теории. Алгебра операторов.
2. Матрицы операторов. Преобразование матриц.
3. Показать, что $(AB)^+ = B^+ A^+$. Доказать, что след квадратной матрицы является инвариантным относительно любого унитарного преобразования.
4. Оператор импульса. Собственные функции и собственные значения оператора импульса.
5. Соотношение неопределенности.
6. Гамильтониан. Волновое уравнение. Дифференцировки операторов по времени.
7. Оператор момента. Собственные значения и собственные функции оператора момента. Составление моментов.
8. Вычислить матрицу операторов \hat{L}_z , \hat{L}_+ , \hat{L}_- , \hat{L}_x , \hat{L}_y и \hat{L}^2 на собственных функциях момента при $l=2$.
9. Уравнения Шредингера. Стационарные состояния.
10. Плотность потока. Уравнение непрерывности.
11. Общие особенности одномерного движения.
12. Рассчитать уровни энергии квантовомеханической частицы в прямоугольной потенциальной яме.
13. Вычислить уровни энергии линейного осциллятора.
14. Вычислить волновую функцию квантовомеханической частицы в центрально-симметричном поле.
15. Вычислить волновую функцию и уровни энергии квантовомеханической частицы в кулоновском поле (дискретный спектр).

12. Образец экзаменационного билета

Билет №1

1. Момент импульса. Собственные значения оператора момента
2. Статистика Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна. Смеси частиц разных типов.

14. Критерии оценивания

(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

| Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ | По шкале ECTS | Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет, зачёт) | Определение |
|---|---------------|--|--|
| 90–100 | A | «Отлично» (5) (зачтено) | отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей |

| | | | |
|-------|----|--|---|
| 80–89 | B | «Хорошо» (4) (зачтено) | хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%) |
| 75–79 | C | | хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%) |
| 70–74 | D | «Удовлетворительно» (3) (зачтено) | удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков |
| 60–69 | E | | достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии |
| 35–59 | FX | «Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) (не зачтено) | неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку |
| 0-34 | F | «Неудовлетворительно» (2) (не зачтено) | неудовлетворительно - с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов |

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория на группу, оборудованная меловой или интерактивной доской, мультимедийным проектором и экраном.

16. Рекомендованная литература

Основная

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. - М.: Наука, 1982.
2. Давыдов С.Д. Квантовая механика. - М.: Наука, 1973.
3. Левич В.Г. Курс теоретической физики, т.1. - М.: Наука, 1962.
4. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, т. 1. - М.: Мир, 1974.
5. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. - М. Наука, 1976.
6. Вихман Э. Квантовая физика. Берклевский курс физики. Т. 6. - М.: Наука, 1977.
7. Ярив А. Введение в теорию и приложения квантовой механики. - М.: Мир, 1984.
8. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. - М.: Наука, 1981.
9. Пойманов В.Д. Конспект лекций «Волновые процессы». - Донецк: ДонНУ, 2013.
10. Пойманов В.Д. Методическое пособие по курсу «Квантовая механика» (в 2х частях) - Донецк: ДонНУ, 2009.

Дополнительная

1. Фок В.А. Начала квантовой механики, М.: Наука, 1976, 376 стр.
2. Липкин Г. Квантовая механика. Новый подход к некоторым проблемам, М.: Мир, 1977, 5д2 стр.

17. Информационные ресурсы

3. www.elementy.ru
4. www.sientific.ru

18. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 28.08.17 Зав. кафедрой

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08.18 Зав. кафедрой

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019 год. Протокол заседания кафедры № ____ от ____ . Зав. кафедрой