ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____ Е.И.Скафа
“__21__” декабря ____2016 г.
МП

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА)

Направление подготовки:	03.03.02 ФИЗИКА
Профиль подготовки:	Общий
Образовательный уровень выпускника:	Академический бакалавр
Форма обучения:	очная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

_____ Н.Г. Малюк

“ 16 ” декабря_____ 2016 г.

М.П.

Программа учебной дисциплины **«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА)»** составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «04» апреля 2016 г. №284 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 — В. И. Финохин

Старший преподаватель кафедры теоретической физики и нанотехнологий — 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 **«Теоретическая физика (Квантовая механика)»** является частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки 03.03.02 «Физика» и состоит из двух модулей: содержательный модуль 1. «Волновая функция. Уравнение Шредингера», содержательный модуль 2. «Квазиклассическое приближение».

Учебная дисциплина «Теоретическая физика (Квантовая механика)» принадлежит к базовой части профессионального блока учебного плана.

Основывается на базе дисциплин: «Общая и экспериментальная физика (Физика атома и атомных явлений)», «Теоретическая физика (Теоретическая механика. Механика сплошных сред)», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп», «Дифференциальные уравненияю Интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Методы математической физики».

2. **Нормативные ссылки** *(при необходимости)*

3. **Структура дисциплины *(модуля)***

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		**заочная форма обучения на базе*		
	СОО	СПО (ускор.)	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Образовательный уровень:	Академический бакалавр				
Направление подготовки	03.03.02 Физика				
Профиль	Физика				
Количество содержательных модулей (тем)	***2(17)***				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	**Профессиональный блок,** Базовая часть				
Формы контроля	модульный контроль и экзамен				
Показатели	очная форма обучения на базе		**заочная форма обучения на базе*		
	СОО	**СПО (ускор.)*	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	3,5				
Количество часов	126				
Год подготовки	3				
Семестр	6				
Количество часов					
- лекционных	34				
- практических, семинарских	34				
- лабораторных					
- самостоятельной работы	58				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, т.ч.	4				
аудиторных	4				

СОО – среднее общее образование

СПО – среднее профессиональное образование

ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи: формирование знаний и умений студента в области нерелятивистской квантовой теории.

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

общекультурные компетенции (ОК):

- способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);
- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности (ОК-3);
- способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);

общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего физики, химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);
- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-4);

профессиональные компетенции (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

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 значений 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. «Волновая функция. Уравнение Шредингера»
Тема 1.	Основные экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой механики
Тема 2.	Принципы построения и постулаты квантовой механики. Операторы физических величин
Тема 3.	Матрицы операторов. Унитарные преобразования базиса. Соотношения коммутации. Одновременная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга
Тема 4.	Временное уравнение Шредингера. Общее решение уравнения Шредингера в случае стационарного гамильтониана. Стационарные состояния. Плотность потока вероятности
Тема 5.	Зависимость средних от времени. Интегралы движения. Законы сохранения и симметрии. Сохранение четности
Тема 6.	Общие свойства стационарных состояний одномерного движения для дискретного спектра. Квантование энергии в потенциале притяжения. Осцилляционная теорема
Тема 7.	Бесконечно глубокая прямоугольная потенциальная яма. Спектр, стационарные состояния, разложения по собственным функциям гамильтониана, средние
Тема 8	Гармонический осциллятор. Уровни энергии и волновые функции (решение в виде ряда)
	Содержательный модуль 2. «Квазиклассическое приближение***»***
Тема 9.	Общие свойства стационарных состояний одномерного движения в случае непрерывного спектра. Прохождение потенциальных барьеров
Тема 10.	Момент импульса: операторы, коммутационные соотношения, решение уравнений на собственные значения
Тема 11.	Задача двух тел. Движение в центральном поле. Общие свойства движения в центральном поле. Вырождение по проекции и случайное вырождение. Уравнение для радиальной волновой функции. Классификация стационарных состояний дискретного спектра в центральном поле
Тема 12.	Водородоподобный атом. Уровни энергии и волновые функции. Кратность вырождения. Сферический осциллятор. Решение уравнения Шредингера в декартовых и сферических координатах
Тема 13.	Спин элементарных частиц. Спиновые волновые функции и операторы спина
Тема 14.	Спин 1/2. Спиновые функции, операторы спина. Матрицы Паули и их свойства. Разложение по спиновым функциям
Тема 15.	Собственный магнитный момент. Уравнение Паули. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Уровни Ландау
Тема 16.	Квазиклассическое приближение. Квазиклассические решения уравнения Шредингера, сшивка квазиклассических решений
Тема 17.	Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Примеры. Квазиклассический коэффициент прохождения через барьер.

Курс дисциплины «**Теоретическая физика (Квантовая механика)**» предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

1. лекции;
2. практические занятия;
3. самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (упражнения) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы.

В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков.

Используются следующие методы контроля:

1. устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);
2. проверка самостоятельных работ;
3. итоговый тест (экзаменационные билеты).

	Содержательный модуль 1. « Волновая функция. Уравнение Шредингера »																					
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																					
	Очная форма						**Заочная форма**															
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**			
	Всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.		
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	индивидуальная работа
Тема 1. Основные экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой механики	7	2	2		3																	
Тема 2. Принципы построения и постулаты квантовой механики. Операторы	7	2	2		3																	

физических величин																							
Тема 3. Матрицы операторов. Унитарные преобразования базиса. Соотношения коммутации. Одновременная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей Гейзенберга	7	2	2		3																		
Тема 4. Временное уравнение Шредингера. Общее решение уравнения Шредингера в случае стационарного гамильтониана. Стационарные состояния. Плотность потока вероятности	8	2	2		4																		
Тема 5. Зависимость средних от	8	2	2		4																		

времени. Интегралы движения. Законы сохранения и симметрии. Сохранение четности																							
Тема 6. Общие свойства стационарных состояний одномерного движения для дискретного спектра. Квантование энергии в потенциале притяжения. Осцилляционная теорема	8	2	2		4																		
Тема 7. Бесконечно глубокая прямоугольная потенциальная яма. Спектр, стационарные состояния, разложения по собственным функциям гамильтониана, средние	8	2	2		4																		

Тема 8. Гармонический осциллятор. Уровни энергии и волновые функции (решение в виде ряда)	8	2	2		4																		
Итого по содержательному модулю 1	61	16	16		29																		

	Содержательный модуль 2. « Квазиклассическое приближение »																						
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																						
	Очная форма						**Заочная форма**																
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**				
	Всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	индивидуальная работа
Тема 9.	7	2	2		3																		

Общие свойства стационарных состояний одномерного движения в случае непрерывного спектра. Прохождение потенциальных барьеров																							
Тема 10. Момент импульса: операторы, коммутационные соотношения, решение уравнений на собственные значения	7	2	2		3																		
Тема 11. Задача двух тел. Движение в центральном поле. Общие свойства движения в центральном поле. Вырождение по проекции и случайное вырождение. Уравнение для радиальной волновой функции.	7	2	2		3																		

Классификация стационарных состояний дискретного спектра в центральном поле																							
Тема 12. Водородоподобный атом. Уровни энергии и волновые функции. Кратность вырождения. Сферический осциллятор. Решение уравнения Шредингера в декартовых и сферических координатах	7	2	2		3																		
Тема 13. Спин элементарных частиц. Спиновые волновые функции и операторы спина	7	2	2		3																		
Тема 14. Спин 1/2. Спиновые функции, операторы спина. Матрицы Паули и	7	2	2		3																		

их свойства. Разложение по спиновым функциям																							
Тема 15. Собственный магнитный момент. Уравнение Паули. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Уровни Ландау	7	2	2		3																		
Тема 16. Квазиклассическое приближение. Квазиклассические решения уравнения Шредингера, сшивка квазиклассических решений	8	2	2		4																		
Тема 17. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Примеры. Квазиклассический коэффициент прохождения через барьер	8	2	2		4																		
Итого по содержательному	65	18	18		29																		

модулю 2																							
Всего по модулю	126	34	34		58																		

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

6. Темы семинарских занятий не предусмотрено рабочим планом.

7.Темы практических занятий.

1. Операторы. Операторы физических величин. Алгебра операторов.
   Задачи: [5] 1.1-1.9; [6] 6-7.
2. Собственные функции и собственные значения линейных операторов. Дискретный спектр. Непрерывный спектр.
   Задачи: [5] 1.13 – 1.21, 1.25; [6] 16, 17.
3. Волновое уравнение. Гамильтониан.
   Задачи: [5]:2.1-2.6 ; [6]: 11, 16.
4. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния.
   Задачи: [5]: 2.7-2.15; [6]: 8,9.
5. Гейзенберговское представление операторов.
   Задачи: [5]:1.36-1.45 ; [6]: 10.
6. Собственные функции оператора импульса. Импульсное представление.
   Задачи: [5]: 1.46-1.57 ; [6]: 14, 15.
7. Уравнение Шредингера.
   Задачи: [5]: 2.17-2.21; [6]: 16,20
8. Плотность потока.
   Задачи: [5]: 2.21-2.27;
9. Вариационный принцип для уравнения Шредингера.
   Задачи: [5]:8.21-8.27 ; [6]: 2,3.
10. Общие свойства одномерного движения.
    Задачи: [5]:1.22-2.29 ; [6]: 21.
11. Прямоугольная потенциальная яма.
    Задачи: [5]: 2.23-2.28; [6]: 23,26.
12. Линейный осциллятор.
    Задачи: [5]:2.2, 2.15 ; [6]: 30,31.
13. Коэффициент прохождения.
    Задачи: [5]:2.28-2.33 ; [6]: 22.
14. Момент импульса.
    Задачи: [5]:3.1-3.11 ; [6]: 47,51.
15. Теория возмущений не зависящих от времени.
    Задачи: [5]:8.1-8.9 ;
16. Теория возмущений при наличии вырождения.
    Задачи: [5]: 8.11-8.17;
17. Теория возмущений зависящих от времени.
    Задачи: [5]: 8.33-8.37, 8.47-8.53; [6]: 179, 180

8. Темы лабораторных занятий не предусмотрено рабочим планом.

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу «**Теоретическая физика (Квантовая механика)**» предусматривает: изучение теоретических основ прослушанного лекционного материала; изучение дополнительных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы; подготовку к практическим занятиям; самостоятельное решение задач; подготовку к модульному контролю.

Темы для самостоятельной работы:

1. Гейзенберговское представление операторов.
2. Коэффициент прохождения
3. Движение в кулоновом поле(сферические координаты).

4. Теория возмущений при наличии вырождения.
5. Граничные условия в квазиклассическом случае.
6. Вторичное квантование в случае статистики Бозе.

10.Индивидуальные задания не предусмотрено рабочим планом.

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Принцип неопределенности.
2. Волновая функция. Принцип суперпозиции.
3. Операторы. Алгебра операторов.
4. Операторы физических величин.
5. Собственные функции и собственные значения линейных операторов.
6. Дискретный и непрерывный спектр.
7. Гамильтониан.
8. Дифференцирование операторов по времени.
9. Стационарные состояния.
10. Гейзенберговское представление операторов.
11. Импульс.
12. Импульсное представление.
13. Соотношение неопределенности Гейзенберга.
14. Уравнение Шредингера.
15. Предельный переход к классической механике.
16. Плотность потока.
17. Вариационный принцип.
18. Общие свойства одномерного движения.
19. Потенциальная яма.
20. Линейный осциллятор.
21. Коэффициент прохождения.

12. Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Уровень образования – Академический бакалавр
Направление подготовки – 03.03.02 «Физика»
Семестр – 6
Учебная дисциплина – «Теоретическая физика (Квантовая механика)»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ___

1. Принцип неопределенности. Волновая функция.
2. Плотность потока.
3. Определить в рамках стационарной теории возмущений поправки первого приближения к собственному значению энергии для двукратно вырожлденного уровня.

«Утверждено»
на заседании кафедры
протокол №___ от «__»_____ ___ г.

Заведующий кафедрой В.Н. Варюхин
Экзаменатор В.И.Финохин

14. Критерии оценивания

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание дисциплины «**Теоретическая физика (Квантовая механика)**» включает в себя два зачётных модуля. Модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале по следующим критериям:

Зачётные модули	Форма контроля	Баллы
Содержательный модуль 1	Самостоятельная работа	25
Содержательный модуль 2	Самостоятельная работа	25
Экзамен		50
Общий итог		100

К первому промежуточному модульному контролю студент имеет возможность получить 25 баллов, решив практические упражнения, предложенные для самостоятельной работы.

Ко второму промежуточному модульному контролю студент имеет возможность получить 25 баллов, решив практические упражнения, предложенные для самостоятельной работы.

На экзамене студент имеет возможность получить 50 баллов. Основой для получения оценки на экзамене является уровень овладения студентами материала курса «**Теоретическая физика (Квантовая механика)**», предусмотренного учебным планом направления подготовки 03.03.02 Физика. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов. От студента требуется устное изложение ответов на них. Ответ на каждый из вопросов оценивается в 15 баллов. 5 дополнительных баллов студент может получить, решив еще одно практическое упражнение.

(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	2 (неудовлетворительно) *(не зачтено)*	с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для обеспечения лекционных и практических **занятий** по данному курсу используется аудитория 304 «Компьютерный класс», оборудованная интерактивной доской, мультимедийным проектором и ПЭВМ в количестве 10 шт.

16. Рекомендованная литература

Основная

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М., 1974.
2. Дирак П. А. М. Принципы квантовой механики. М., 1960.
3. Давыдов А. С. Квантовая механика. М., 1973.
4. Шифф Л. Квантовая механика. М., 1959.
5. В.М.Галицкий, Б.М.Карнаков, В.И.Коган. Задачи по квантовой механике. М:Наука, 1981.
6. Флюгге Э. Задачи по квантовой механике, т. 1, 2. М., 1974.

Дополнительная

1. Фок В. А. Начала квантовой механики. М., 1976.
2. Елютин П. В., Кривченков В. Д. Квантовая механика с задачами. М., 1976.

Информационные ресурсы

1. Программа курса МФТИ: https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/courses/QuantumMechanicsI.php
2. Видеолекции и открытые образовательные материалы Физтеха: http://lectoriy.mipt.ru/c

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры

№ ___ от _____

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____
Зав.кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____
Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08.2018

Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____