

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(Подпись) В.Д.Кревчик
(Фамилия, инициалы)
« 11 » 02 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б 1.2.17.1 «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА»

(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»
(код, наименование направления подготовки)

Профиль подготовки «Лазерная техника и лазерные технологии»
(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника – **Бакалавр**

Форма обучения очная

Пенза, 2016

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА» являются формирование **общепрофессиональных компетенций**:

ПСК-1 – способность применять лазерную технику и лазерное оборудование для управления технологическим оборудованием;

ОПК-5 – способность обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований.

2 МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО БАКАЛАВРИАТА

Учебная дисциплина «Квантовая механика» относится к математическому и естественнонаучному циклу дисциплин **Б.1.2** (дисциплины по выбору студента) и углубляет знания, полученные в ходе изучения курсов: «Математика»; «Физика».

Знания, приобретенные при изучении дисциплины «Квантовая механика», обеспечивают базовую подготовку студентов к качественному освоению последующих профессиональных дисциплин, при изучении которых требуется самостоятельное выполнение расчетов параметров лазеров.

Дисциплина «Квантовая механика» является теоретической и практической основой при изучении дальнейших курсов, связанных с разработкой лазерной техники.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами курсов «Физика», «Математика».

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «Квантовая механика»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВПО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПСК-1	- способность применять лазерную технику и лазерное оборудование для управления технологическим оборудованием.	Знать: современную лазерную технику и лазерное оборудование
		Уметь: применять лазерную технику и лазерное оборудование для управления технологическим оборудованием.
		Получить практические навыки управления технологическим оборудованием.
ОПК-5	- способность обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований.	Знать: представления и методы обработки данных.
		Уметь: обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований.
		Получить практические навыки работы с математическими пакетами

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа					Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контролн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	др.
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к экзамену								
1	Раздел 1: Предпосылки создания квантовой механики	5	1		2			6	6				+							
2	Раздел 2: Квантовомеханическое описание эксперимента Штерна-Герлаха. Последовательное соединение приборов. Спин.	5	2		2			6	6				+							
3	Раздел 3: Двухщелевой эксперимент. Векторы состояния и альтернативные события. Влияние процесса измерения на интерференцию.	5	3		2			6	6				+							
4	Раздел 4: Математический аппарат квантовой механики (векторные пространства, линейные операторы, матрицы).	5	4		2	2		6	6				+							
5	Раздел 5: Эрмитовы операторы в квантовой механике. Собственные векторы и собственные значения на примере спиновых операторов.	5	5		2	2		6	6				+							
6	Раздел 6: Вектор состояния. Бра- и Кет-векторы. Условие нормировки.	5	6		2	2		6	6				+							
7	Раздел 7: Вектор состояния спина электрона. Спиновые матрицы Паули. Базисные состояния.	5	7		2	2		6	6				+							

8	Раздел 8: Амплитуда вероятности. Процесс измерения в квантовой механике.	5	8		2	2		6	6				+							
9	Раздел 9: Синглетное состояние. Комбинированные квантовомеханические системы.	5	9		2	2		6	6				+							
10	Раздел 10: Операторы проекции. Ожидаемое значение измеряемой величины.	5	10		2	2		6	6				+							
11	Раздел 11: Неравенства Белла. Доказательство нарушения неравенства для квантовых систем.	5	11		2	2		6	6				+							
12	Раздел 12: Оператор Гамильтона. Оператор импульса.	5	12		2	2		6	6				+							
13	Раздел 13: Вектор состояния в координатном базисе. Собственные векторы и собственные значения частицы в потенциальной яме.	4	13		2	2		6	6				+							
14	Раздел 14: Оператор эволюции во времени. Унитарные операторы и симметрия во времени.	5	14		2	2		6	6				+							
15	Раздел 15: Уравнение Шредингера.	5	15		2	2		6	6				+							
16	Раздел 16: Эволюция во времени простейших квантовомеханических систем (свободная частица, гармонический осциллятор).	5	16		2	2		6	6				+							
17	Раздел 17: Коммутаторы в квантовой механике. Коммутаторы и антикоммутаторы спиновых матриц.	5	17		2	2		6	6				+							
18	Раздел 18: Тождественные частицы	5	18		2	2		6	6				+							
	<i>Подготовка к зачету</i>	4																		
	Общая трудоемкость, в часах				72	36	36		108	108				Промежуточная аттестация						
													Форма	Семестр						
													Зачет	4						
													Экзамен							

4.2. Содержание дисциплины (модуля)

Раздел 1: Предпосылки создания квантовой механики.

Проблема интерпретации спектра атомов. Проблема стабильности атомов. Ультрафиолетовая катастрофа.

Раздел 2: Квантовомеханическое описание эксперимента Штерна-Герлаха. Последовательное соединение приборов. Спин.

Разложение вектора состояния по базису. Спин как простейшая квантовомеханическая система.

Раздел 3: Двухщелевой эксперимент. Векторы состояния и альтернативные события. Влияние процесса измерения на интерференцию.

Последовательные события. Альтернативные события. Суперпозиция амплитуд. Процесс измерения в квантовой механике.

Раздел 4: Математический аппарат квантовой механики (векторные пространства, линейные операторы, матрицы).

Гильбертово пространство. Операторы и их матричные представления. Векторы состояния и их конкретные представления. Базисные векторы.

Раздел 5: Эрмитовы операторы в квантовой механике. Собственные векторы и собственные значения на примере спиновых операторов.

Спиновые матрицы Паули. Собственные векторы и собственные значения спиновых матриц. Роль эрмитовых операторов в квантовой механике.

Раздел 6: Вектор состояния. Бра- и Кет-векторы. Условие нормировки.

Обозначения Дирака. Запись скалярного произведения, разложения по базису, действия оператора и др. операций в обозначениях Дирака.

Раздел 7: Вектор состояния спина электрона. Спиновые матрицы Паули. Базисные состояния.

Квантовомеханическое описание спина. Применение математического аппарата квантовой механики к задачам со спином $\frac{1}{2}$.

Раздел 8: Амплитуда вероятности. Процесс измерения в квантовой механике.

Физический смысл амплитуды вероятности. Постулат об измерении. Копенгагенская интерпретация.

Раздел 9: Синглетное состояние. Комбинированные квантовомеханические системы.

Системы с несколькими частицами. Запутанные состояния. Свойства синглетного состояния. Непротиворечивость специальной теории относительности.

Раздел 10: Операторы проекции. Ожидаемое значение измеряемой величины.

Роль операторов проекции. Физический смысл собственных значений операторов проекции.

Раздел 2: Неравенства Белла. Доказательство нарушения неравенства для квантовых систем.

Теорема Белла. Графическое представление неравенств Белла. Доказательство справедливости неравенств в случае применения классической логики теории множеств. Нарушение неравенств в случае рассмотрения квантовомеханических объектов. Концептуальные следствия.

Раздел 12: Оператор Гамильтона. Оператор импульса.

Роль оператора Гамильтона в квантовой механике. Примеры оператора Гамильтона для простейших систем. Физический смысл собственных векторов и собственных значений оператора Гамильтона.

Раздел 13: Вектор состояния в координатном базисе. Собственные векторы и собственные значения частицы в потенциальной яме.

Дельта функция Дирака. Решение простейших одномерных задач: гармонический осциллятор, спектр атома водорода.

Раздел 14: Оператор эволюции во времени. Унитарные операторы и симметрия во времени.

Эволюция во времени вектора состояния. Оператор эволюции. Решение простейших одномерных задач: свободная частица, туннелирование.

Раздел 15: Уравнение Шредингера.

Раздел 16: Эволюция во времени простейших двумерных квантовомеханических систем (свободная частица, гармонический осциллятор).

Раздел 17: Коммутаторы в квантовой механике. Коммутаторы и антикоммутирующие матрицы.

Роль коммутаторов в квантовой механике. Связь спина со статистикой.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения студентами дисциплины «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА» используются следующие образовательные технологии:

Лекции - форма учебного занятия, цель которого состоит в рассмотрении теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме.

Лекционные занятия проходят в форме пассивного метода обучения – это форма взаимодействия студентов и преподавателя, в которой преподаватель является основным действующим лицом и управляющим ходом лекции, а студенты выступают в роли пассивных слушателей, подчиненных директивам преподавателя. Связь преподавателя со студентами осуществляется посредством контрольных опросов, тестовых заданий и др.

Практические занятия - одна из форм учебного занятия, ведущей дидактической целью которого является формирование практических умений - профессиональных (выполнять определенные действия, операции необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (решать задачи и др.) необходимых в последующей учебной деятельности по дисциплинам профессионального цикла.

Практические занятия проходят в основном форме интерактивного обучения и ориентированы на широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности учащихся в процессе обучения. Место преподавателя на интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности студентов на достижение целей занятия.

На практических занятиях выдаются индивидуальные задания и пояснения к ним в виде методического материала, проверяются контрольные работы, студенты работают с необходимой справочной литературой, участвуют в обсуждении методик решения задач.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Предпосылки создания квантовой механики	Подготовка к аудиторным занятиям	Рассчитать спектр атома водорода по формуле Ридберга	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	4
2.	Квантовомеханическое описание эксперимента Штерна-Герлаха. Последовательное соединение приборов. Спин.	Подготовка к аудиторным занятиям	Рассчитать вероятность прохождения электроном двух приборов Штерна-Герлаха	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	3
3.	Двухщелевой	Подготовка к	Рассчитать	Ландау Л.Д., Лифшиц	10

	эксперимент. Векторы состояния и альтернативные события. Влияние процесса измерения на интерференцию.	аудиторным занятиям	вероятность попадания частицы в точку экрана	Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	
4.	Математический аппарат квантовой механики (векторные пространства, линейные операторы, матрицы).	Подготовка к аудиторным занятиям	По заданным исходным данным вычислить векторные операции	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	10
5.	Эрмитовы операторы в квантовой механике. Собственные векторы и собственные значения на примере спиновых операторов.	Подготовка к аудиторным занятиям	Найти собственные векторы и собственные значения заданных матриц	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	10
6.	т 8. Вектор состояния. Бра- и Кет-векторы. Условие нормировки.	Подготовка к аудиторным занятиям	Задать численные значения векторов в заданном базисе. Выполнить нормировку векторов.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	10
7.	Вектор состояния спина электрона. Спиновые матрицы Паули. Базисные состояния.	Подготовка к аудиторным занятиям	Найти собственные векторы и собственные значения матриц Паули	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	4
8.	Амплитуда вероятности. Процесс измерения в квантовой механике.	Подготовка к аудиторным занятиям	Вычислить амплитуду вероятности осуществления заданных событий.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	4
9.	Синглетное состояние. Комбинированные квантовомеханические системы.	Подготовка к аудиторным занятиям	Проверить выполнение основных свойств синглетного состояния	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	4
10.	Неравенства Белла. Доказательство нарушения неравенства для квантовых систем.	Подготовка к аудиторным занятиям	Доказать нарушение неравенств в случае заданной системы частиц.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.	4

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лекционным занятиям по рекомендуемой литературе. На каждой лекции проводится короткий опрос студентов по заданной теме. Контрольные работы, проводимые в рамках оценки знаний студентов по балльно - рейтинговой системе, включают в себя вопросы, заданные на самостоятельную подготовку.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Предпосылки создания квантовой механики	ПСК-1 ОПК-5
2	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Синглетное состояние. Комбинированные квантовомеханические системы.	ПСК-1 ОПК-5
3	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Квантовомеханическое описание эксперимента Штерна-Герлаха. Последовательное соединение приборов. Спин.	ПСК-1 ОПК-5
4	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Двухщелевой эксперимент. Векторы состояния и альтернативные события. Влияние процесса измерения на интерференцию.	ПСК-1 ОПК-5
5	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Математический аппарат квантовой механики (векторные пространства, линейные операторы, матрицы).	ПСК-1 ОПК-5
6	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Эрмитовы операторы в квантовой механике. Собственные векторы и собственные значения на примере спиновых операторов.	ПСК-1 ОПК-5
7	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Вектор состояния. Бра- и Кет-векторы. Условие нормировки.	ПСК-1 ОПК-5
8	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Вектор состояния спина электрона. Спиновые матрицы Паули. Базисные состояния.	ПСК-1 ОПК-5
9	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Амплитуда вероятности. Процесс измерения в квантовой механике.	ПСК-1 ОПК-5
10	Опрос в рамках самостоятельной подготовки к аудиторным занятиям	Неравенства Белла. Доказательство нарушения неравенства для квантовых си-	ПСК-1 ОПК-5

Для проведения текущего контроля успеваемости студентов предусмотрены следующие контрольные вопросы:

1. Назвать предпосылки создания квантовой механики.
2. Описать эксперимент Штерна-Герлаха.
3. Описать двухщелевой эксперимент.
4. Роль векторных пространств, линейных операторов, матриц в квантовой механике.
5. Матричные представления дифференциальных и интегральных операторов.
6. Роль эрмитовых операторов в квантовой механике.
7. Физический смысл условия нормировки.
8. Записать спиновые матрицы Паули.
9. Постулат о процессе измерения в квантовой механике.
10. Свойства синглетного состояния.
11. Роль операторов проекции.
12. Ожидаемое значение измеряемой величины.
13. Оператор Гамильтона.
14. Оператор эволюции во времени.
15. Роль унитарных операторов.
16. Уравнение Шредингера.
17. Туннельный эффект.
18. Роль коммутаторов в квантовой механике.
19. Принцип неопределенности в коммутаторной записи.
20. Рассеяние тождественных и нетождественных частиц.
21. Бозоны и фермионы.
22. Запутанные состояния.
23. Теорема Белла.

Темы практических занятий:

1. Рассчитать спектр атома водорода
2. Смоделировать прохождение волнового пакета сквозь потенциальный барьер.
3. Смоделировать временную эволюцию собственного вектора гармонического осциллятора.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Фейнман Р., Р.Лейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Квантовая механика.- М.Мир, 1978. -Т.8,9- 524 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.:Наука, 1974, 732 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика.-М.:Наука, 1976, 583 с.
4. П. А. М. Дирак. Принципы квантовой механики. Перевод 4-го изд. — М.: Наука, 1979.

Дополнительная литература:

1. Ферми Э. Квантовая механика.-М.: Мир, 1968, 367 с.
2. Давыдов А.С. Квантовая механика.-М.: Наука, 1973, 704 с.
3. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики.-М.:Наука, 1973, 423 с.
4. Сборник задач по теоретической физике/ Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М.-М.:Высшая школа, 1984, 318 с.

Методические материалы:

1. Квантовая механика и статистика. Электронный учебник / В.А.Васильев, А.В.Левашов - Пенза: Пенз. государств. ун-т, 2005.
2. Белоусов Ю.М. Квантовая механика и наносистемы. Учебное пособие. – Московский физико-технический институт. Можайский полиграф. комбинат оформл. 2011 г.
3. Электронный конспект лекций:
http://dep_pribor.pnzgu.ru/files/dep_pribor.pnzgu.ru/kvantovaya_mehanika.pdf

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА»

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной необходимой учебной мебелью.

Практические занятия проводятся в аудитории, укомплектованной следующими средствами обучения:

- персональный компьютер;
- мультимедийный проектор.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП по направлению подготовки 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии».

Программу составил:
Чернов Павел Сергеевич, к.т.н., доцент кафедры «Приборостроение»

(Ф.И.О., должность, подпись)



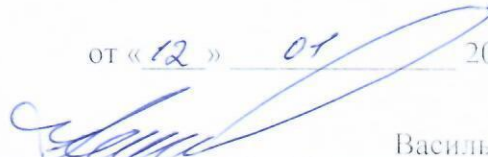
Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры Приборостроение

Протокол № 5

от «12» 01 2016 года

Зав. кафедрой ПС



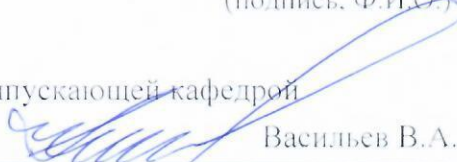
Васильев А.А.

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

Приборостроение

(название кафедры)



Васильев В.А.

(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией ФПИТЭ

Протокол № 5

от «11» 02 2016 года

Председатель методической комиссии ФПИТЭ




Задера А.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2017-2018	№13 от 29.06.17г. 	Переутверждение рабочей программы на новый учебный год без изменений			
2018/2019	№107 от 04.09.18 	без изменений			