МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов

Кафедра электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебной работе
Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая механика

03.03.03 Радиофизика
(код, наименование направления)

Инженерно-физические технологии в промышленности
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Все новейшие технологии, определяющие уровень научно-технического развития в конце XX – в начале XXI в., основываются на квантовых явлениях. Оптический квантовый генератор, электронная лампа с холодным катодом, сканирующий туннельный микроскоп, квантовый компьютер – вот далеко не полный перечень приборов и устройств, конструирование и разработка технологий изготовления которых требует от современного инженера глубоких знаний законов квантовой механики.

Цель изучения дисциплины - формирование у студентов представлений о характере явлений микромира, об особенностях поведения микрочастиц и способах теоретического описания наблюдаемых экспериментальных явлений. В процессе освоения дисциплины у студентов формируется фундаментальная теоретическая база по физике квантовых явлений.

Задачи дисциплины - овладеть основами математического аппарата современной квантовой механики, используемого для описания движения микрочастиц и изучения строения вещества. Применять освоенные методы и подходы для описания явлений микромира, разбираться в литературе, относящейся к квантовым объектам.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональной компетенции (ОПК-1) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть БЛОКА 1 «Дисциплины (модули)» подготовки обучающихся по направлению 03.03.03 Радиофизика (профиль «Инженерно-физические технологии в промышленности»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Механика», «Атомная и ядерная физика», «Теория колебаний».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Термодинамика и статистическая физика», «Физическая электроника», «Микропроцессорные системы».

Особенностью дисциплины является применение полученных знаний для освоения специальных технологических дисциплин в области исследования лазерной техники, плазменной техники, техники СВЧ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак.ч.).

Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (16 ак.ч.), практические (8 ак.ч.), занятия и самостоятельная работа студента (120 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе во 7 семестре.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Квантовая механика» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1	ОПК-1.1. Понимает и интерпретирует основные методы высшей математики, основные законы в области общей физики, основы теоретической физики и электроники необходимые для решения профессиональных задач, в том числе в сфере педагогической деятельности

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		7
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	36	36
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание(индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	9	9
Аналитический информационный поиск	-	-
Работа в библиотеке	-	-
Подготовка к экзамену	18	18
Промежуточная аттестация – экзамен	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 3 темы:

– тема 1 (Основные принципы квантовой механики);

– тема 2 (Математический и понятийный аппарат квантовой механики);

– тема 3 (Решение модельных задач механики квантовой частицы).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и очно-заочной формы приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основные принципы квантовой механики	Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Вектор плотности потока вероятности.	8	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля Соотношения Гейзенберга. Волновая функция. Вектор плотности потока вероятности.	8
2	Математический и понятийный аппарат квантовой механики	Математический аппарат квантовой механики. Операторы основных физических величин в квантовой механике. Собственные функции и собственные значения операторов. Полная система функций. Измерение физических величин в квантовых системах (определение среднего значения физической величины). Дифференцирование операторов по времени. Квантовые скобки Пуассона. Интегралы движения. Преобразование инверсии. Четность состояния частиц (системы). Четность, как интеграл движения	10	Операторы в квантовой механике. Среднее значение физических величин. Коммутатор операторов. Квантовые скобки Пуассона. Дифференцирование операторов. Уравнения Эренфеста.	10
3	Решение модельных задач механики квантовой частицы	Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Одномерная потенциальная яма. Волновые функции частицы в одномерной потенциальной яме. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Квантовый гармонический осциллятор (КГО). Уравнение Шредингера для КГО.	18	Одномерное движение. Частица в потенциальной яме. Двумерная потенциальная яма. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Коэффициент прозрачности. Туннельный эффект. КГО. Квантовые числа.	18

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		Энергия КГО. Нулевая энергия КГО. Движение в кулоновском поле (квантово- механическое описание водородоподобных атомов). Опыт Штерна — Герлаха. Спин электрона. Векторная модель атома. Взаимодействие излучения с веществом. Атом в магнитном поле. Квантово-механическое рассмотрение заполнения. Таблицы химических элементов Д.И. Менделеева		Частица в центрально-симметричном поле. Орбитальный, спиновый, магнитный моменты импульса электрона. Магнитный момент атома. Атом в магнитном поле.	
Всего аудиторных часов			36		36

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основные принципы квантовой механики	Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Вектор плотности потока вероятности.	4	Волновые свойства частиц. Волны де Бройля Соотношения Гейзенберга. Волновая функция. Вектор плотности потока вероятности.	2
2	Математический и понятийный аппарат квантовой механики	Математический аппарат квантовой механики. Операторы основных физических величин в квантовой механике. Собственные функции и собственные значения операторов. Полная система функций. Измерение физических величин в квантовых системах (определение среднего значения физической величины). Дифференцирование операторов по времени. Квантовые скобки Пуассона. Интегралы движения. Преобразование инверсии. Четность состояния частиц (системы). Четность, как интеграл движения	6	Операторы в квантовой механике. Среднее значение физических величин. Коммутатор операторов. Квантовые скобки Пуассона. Дифференцирование операторов. Уравнения Эренфеста.	2
3	Решение модельных задач механики квантовой частицы	Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Одномерная потенциальная яма. Волновые функции частицы в одномерной потенциальной яме. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Квантовый гармонический осциллятор (КГО). Уравнение Шредингера для КГО. Энергия КГО. Нулевая энергия КГО. Движение в кулоновском поле (квантово- механическое описание водородоподобных атомов). Опыт	8	Одномерное движение. Частица в потенциальной яме. Двумерная потенциальная яма. Прохождение частицы через потенциальный барьер. КГО. Квантовые числа. Частица в центрально-симметричном поле. Орбитальный, спиновый, магнитный моменты импульса электрона.	4

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		Штерна — Герлаха. Спин электрона. Векторная модель атома. Взаимодействие излучения с веществом. Атом в магнитном поле. Квантово-механическое рассмотрение заполнения. Таблицы химических элементов Д.И. Менделеева			
Всего аудиторных часов			16		8

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 60 баллов;

– практические работы – всего 40 баллов;

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Квантовая механика» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине «Квантовая механика» проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже (п.п. 6.4), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале экзамен
0-59	Неудовлетворительно
60-73	Удовлетворительно
74-89	Хорошо
90-100	Отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют:

– проработка лекционного материала;

– подготовка к практическим занятиям.

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. «Основные принципы квантовой механики»

1. Истоки квантовой теории. Основные представления квантовой механики.
2. Постулаты квантовой механики
3. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
4. Предмет и метод квантовой механики. Эффект Комптона.
5. Уравнение непрерывности в квантовой механике (для плотности потока вероятности)
6. Экспериментальные основы квантовой механики.
7. Волновая функция, ее физический смысл и свойства?
8. Волновой пакет де Бройля.
9. Длина волны де Бройля.
10. Волны де Бройля, фазовая скорость, групповая скорость.
11. Оператор импульса и его свойства. Средние значения функций координат и импульсов частиц.
12. Физический смысл волн де Бройля.
13. Границы применимости классической механики.
14. Принцип суперпозиции состояний.
15. Вывод общего уравнения Шредингера.
16. Философские выводы из квантовой механики. Границы применимости и затруднения квантовой механики. Принцип причинности в квантовой механике.
17. Корпускулярно-волновой дуализм.
18. Волновые свойства микрочастиц.
19. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля.
20. Следствие из соотношения неопределенностей.

Тема 2. «Математический и понятийный аппарат квантовой механики»

1. Интегралы движения в квантовой механике (определение, свойства и

примеры).

2. Изображение физических величин в квантовой механике линейными самосопряженными

операторами.

3. Свойства операторов.

4. Свойства линейных самосопряженных операторов.

5. Свойства средних значений физических величин.

6. Собственные значения и собственные функции линейных самосопряженных операторов

(определения, теоремы, свойства, примеры).

7. Теорема ортогональности собственных функций линейных самосопряженных операторов.

8. Условие одновременной измеримости физических величин.

9. Спектры собственных значений квантово-механических операторов.

10. Математический аппарат квантовой механики.

11. Оператор механического орбитального момента (момента импульса) и его свойства.

12. Определение средних значений функций координат и импульсов частиц.

13. Интегралы движения в квантовой механике.

14. Средние значения функций и импульсов частиц (определения и следствия).

15. Свойства оператора механического момента.

16. Вывод уравнения для производной по времени оператора. Интегралы движения в квантовой механике.

17. Уравнения движения в квантовой механике, уравнения Эренфеста.

18. Оператор полного механического момента и его свойства.

19. Ансамбли квантовых частиц. Принцип тождественности частиц.

20. 3-й постулат квантовой механики.

21. 4-й постулат квантовой механики.

22. Коммутатор операторов

23. Дифференцирование операторов по времени.

24. Квантовые скобки Пуассона.

25. Четность состояния частиц.

Тема 3. «Решение модельных задач механики квантовой частицы»

1. Квантовый осциллятор.

2. Решение уравнения Шредингера для потенциальной ямы со стенками бесконечной высоты.

3. Решение уравнения Шредингера для потенциальной ямы со стенками конечной высоты.

4. Движение в поле центральной силы.

5. Прохождение частиц через потенциальный барьер.

6. Стационарные задачи квантовой механики.

7. Потенциальная яма.

8. Дискретность энергетического спектра частицы в потенциальной яме.

9. Волновая функция частицы в одномерной потенциальной яме.

10. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер.

11. Коэффициент прозрачности потенциального барьера.

12. Туннельный эффект.

13. Квантовый гармонический осциллятор (КГО).

14. Уравнение Шредингера для гармонического осциллятора.

15. Энергия КГО. Нулевая энергия осциллятора.

16. Квантово-механическое описание атомов, подобных водорода.

17. Сферические функции.

18. Квантовые числа и их физический смысл.

19. Правила отбора для квантовых чисел.

20. Описание спиновых состояний с помощью спиновых волновых функций.

21. Спин электрона.

22. Спиновые волновые функции.

23. Собственный механический и собственный магнитный моменты электрона.

24. Спин-орбитальное взаимодействие.

25. Принцип неразличимости тождественных частиц.

26. Симметричные и антисимметричные функции.

27. Собственный спиновый механический и магнитный моменты электрона.

28. Уравнение Шредингера и его решения.

29. Фермионы. Бозоны. Принцип Паули.

30. Заполнение состояний.

31. Распределение электронов по оболочкам и подоболочки.

32. Приближенная количественная теория атома гелия.

33. Теория возмущений. Молекула водорода

34. Опыты Штерна-Герлаха.

35. Периодическая система элементов Д.М. Менделеева. Заполнение электронных оболочек в

атомах. Рентгеновские спектры.

36. Элементарная квантовая теория взаимодействия света с веществом.

37. Расщепление спектральных линий в магнитном поле. Эффект Зеемана. Аномальный

эффект Зеемана.

38. Приближенная количественная теория атома гелия.

39. Качественное квантово-механическое описание атома гелия.

40. Классификация состояний электронов в атоме.

41. Аномальный эффект Зеемана. Расщепление спектральных линий в слабом магнитном

поле.

42. Нормальный эффект Зеемана. Расщепление спектральных линий в

сильном магнитном поле.

43. Теория возмущений.

44. Атом в магнитном поле. Магнитный момент атома.

45. Правила отбора для переходов.

6.4 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.4.1 Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине:

1. Корпускулярно-волновой дуализм.
2. Волновые свойства микрочастиц.
3. Гипотеза де Бройля. Свойства волн де Бройля.
4. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля.
5. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Следствие из соотношения неопределенностей.
6. Границы применимости классической механики.
7. Волновая функция. Условия регулярности волновой функции.
8. Принцип суперпозиции квантовых состояний.
9. Уравнение Шредингера.
10. Вектор плотности потока вероятности.
11. Математический аппарат квантовой механики.
12. Постулаты квантовой механики.
13. Операторы основных физических величин в квантовой механике.
14. Собственные функции и собственные значения операторов.
15. Спектры собственных значений квантово-механических операторов.
16. 3-й постулат квантовой механики.
17. Определение среднего значения физической величины.
18. Одновременное измерение разных физических величин.
19. 4-й постулат квантовой механики.
20. Коммутатор операторов
21. Дифференцирование операторов по времени.
22. Квантовые скобки Пуассона.
23. Интегралы движения.
24. Четность состояния частиц.
25. Уравнение Шредингера и его решения.
26. Стационарные задачи квантовой механики.
27. Потенциальная яма.
28. Дискретность энергетического спектра частицы в потенциальной яме.
29. Волновая функция частицы в одномерной потенциальной яме.
30. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.
31. Коэффициент прозрачности потенциального барьера.
32. Уравнение Шредингера для гармонического осциллятора.
33. Энергия КГО. Нулевая энергия осциллятора.

34. Квантово-механическое описание атомов, подобных водорода.

35. Квантовые числа и их физический смысл. Правила отбора для квантовых чисел.

36. Спин электрона.

37. Собственный механический и собственный магнитный моменты электрона.

38. Спин-орбитальное взаимодействие.

39. Фермионы. Бозоны. Принцип Паули.

40. Заполнение состояний. Распределение электронов по оболочкам и подоболочки.

41. Теория возмущений.

42. Стационарная теория возмущений в случае вырожденных собственных значений.

43. Теория вынужденных квантовых переходов.

44. Атом в магнитном поле.

45. Эффекты Зеемана.

6.4.2 Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Какой будет длина волны электрона, прошедшего ускоряющую разность потенциалов 52 В?	а) 1,4 нм; б) 0,17 нм; в) 15 нм; г) 150 нм.
2	Согласно принципу неопределенностей, у частицы не могут быть одновременно точно измерены:	а) импульс и масса; б) координата и скорость; в) координата и время жизни; г) энергия и скорость.
3	Собственная функция, описывающая состояние частицы в глубокой потенциальной яме, имеет вид $\Psi = C \sin\frac{n\pi x}{l}$ Используя условие нормировки, определить постоянную С	а) $C = \frac{2}{l}$; б) $C = \sqrt{\frac{2}{l}}$; в) $C = \frac{l}{2}$; г) $C = \sqrt{\frac{l}{2}}$.
4	Какая из перечисленных величин определяет плотность вероятности нахождения микрообъекта в данном месте пространства?	а) квадрат модуля волновой функции; б) волновая функция; в) вектор плотности потока вероятности; г) оператор физической величины.
5	Какое квантовое число определяет полную энергию электрона в различных квантовых состояниях?	а) орбитальное; б) спиновое; в) главное; г) магнитное.

6	Когда физические величины будут одновременно точно измерены?	а) в случае если равны их операторы; б) если соответствующие им операторы равны нулю; в) если соответствующие им операторы имеют общую системы собственных функций; г) если собственные функции равны.
7	Если уровню соответствуют несколько состояний, то этот уровень:	а) дискретный; б) стабильный; в) вырожденный; г) метастабильный.
8	Если две величины A и B можно измерить одновременно точно, то коммутатор операторов $\hat{A}$ и $\hat{B}$ будет равен	а) $\left[\hat{A},\hat{B}\right]=0$; б) $\left[\hat{A},\hat{B}\right]\neq 0$; в) $\left[\hat{A},\hat{B}\right]=1$; г) $\left[\hat{A},\hat{B}\right]=\infty$.
9	Энергетический спектр частицы, находящейся в одномерной потенциальной яме, является	а) непрерывным; б) дискретным; в) оба ответа правильные; г) нет правильного ответа.
10	Могут ли коэффициенты прохождения и отражения частиц от некоторого потенциального барьера быть равными 0.125 и 0.885 соответственно?	а) да; б) нет; в) зависит от высоты барьера; г) зависит от энергии.
11	Поле называется центрально-симметричным, если	а) потенциальная энергия частицы в этом поле U является функцией расстояния r и направления удаления φ частицы от некоторой точки поля, называемой центром поля; б) кинетическая энергия частицы в этом поле является функцией только расстояния r частицы от некоторой точки поля, называемой центром поля; в) потенциальная энергия частицы в этом поле U является функцией только расстояния r частицы от некоторой точки поля, называемой центром поля; г) потенциальная энергия частицы в этом поле U является функцией направления удаления φ частицы от некоторой точки поля, называемой центром поля.
12	Что называется эффектом Зеемана?	а) расщепление энергетических уровней энергии и спектральных линий атома и других квантовых систем во внешнем магнитном поле; б) расщепление энергетических уровней энергии и спектральных линий атома и других квантовых систем во внешнем электрическом поле; в) резонансное поглощение электромагнитной энергии веществами, содержащими парамагнитные частицы; г) переход частицы на верхний уровень под действием внешнего излучения

13	Какая из формулировок соответствует принципу Паули?	а) в квантово-механической системе не может быть двух или более электронов, обладающих одинаковым спином; б) энергетический спектр электронов в квантово-механической системе дискретен; в) в квантово-механической системе не может быть двух или более электронов, находящихся в состоянии с одинаковым набором квантовых чисел; г) состояние микрочастицы в квантовой механике не может одновременно характеризоваться точными значениями координаты и импульса.
14	Для произвольных функций ψ_1 и ψ_2 самосопряженные, эрмитовые операторы удовлетворяют следующему условию:	а) $\int \psi_1^* \hat{A}\psi_2 dV = 1$ б) $\int \psi_1^* \hat{A}\psi_2 dV = \int \psi_2 \left(\hat{A}\psi_1\right)^* dV$ в) $\int \psi_1^* \hat{A}\psi_2 dV = \int \psi_2 dV$ г) $\int \psi_1^* \hat{A}\psi_2^* dV = \int \psi_2 \left(\hat{A}\psi_1\right) dV$
15	Понятие «вырожденный спектр собственных значений оператора» означает, что	а) он состоит из четного множества значений f_n для n=1, 2, .., соответствующих набору собственных функций ψ_n б) одному собственному значению f_n оператора $\hat{\Phi}$ принадлежит не одна, а несколько собственных функций ψ_{n1}, ψ_{n2}, … ψ_{nk}. в) одному собственному значению f_n оператора $\hat{\Phi}$ принадлежит одна собственная функция ψ_n. г) он состоит из нечетного множества значений f_n для n=1, 2, .., соответствующих набору собственных функций ψ_n
16	Второе уравнение Эрнфеста выражается формулой	а) $\frac{d\langle x\rangle}{dt} = v$ б) $\frac{d\langle x\rangle}{dt} = \langle v\rangle$ в) $\frac{d\langle p_x\rangle}{dt} = \langle v\rangle$ г) $\frac{d\hat{p}}{dt} = \langle F_x\rangle$
17	Укажите неверное утверждение	а) Фактор Ланде может быть равным нулю; б) Фактор Ланде может быть большим единицы; в) Фактор Ланде может быть только большим единицы; г) Фактор Ланде может быть меньшим единицы
18	Орбитальное квантовое число – это	а) значение проекции момента импульса стационарного состояния; б) значение энергии стационарного состояния; в) значение момента импульса стационарного состояния;

		г) номер орбитали
19	Частица находится в некотором стационарном состоянии в бесконечно глубокой потенциальной яме. Будет ли энергия частицы иметь определенное значение?	а) да; б) нет; в) зависит от состояния; г) зависит от ширины ямы
20	Радиальное квантовое число нумерует	а) состояния с определенным моментом в порядке возрастания энергии; б) все уровни в порядке возрастания энергии; в) состояния с определенной проекцией момента на ось z в порядке возрастания их энергии; г) состояния с определенной энергией в порядке возрастания их момента

Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Частица находится во внешнем поле U(r). Какое из нижеследующих уравнений является стационарным уравнением Шредингера?	а) $i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}=\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta+U(\vec{r})\right)\Psi$ б) $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta+U(\vec{r})\right)\Psi=E\Psi$ в) $i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}=E\Psi$ г) $-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi=U(\vec{r})\Psi$
2	В квантовой механике физическая величина характеризуется не числовым значением, а оператором. Оператор – это:	а) функция, которая осуществляет связь одних чисел с другими числами; б) правило, с помощью которого каждой функции из некоторого множества функций сопоставляется функция из того же или некоторого другого множества функций; в) числовое значение физической величины, которой ставится в соответствие данный оператор; г) правило, с помощью которого каждой функции из некоторого множества функций сопоставляется функция из того же множества функций.
3	Потенциальным барьером называется:	а) область пространства, в которой потенциальная энергия частицы U меньше, чем в окружающих областях; б) область пространства, в которой потенциальная энергия частицы U больше, чем в окружающих областях; в) область пространства, в которой кинетическая энергия частицы больше, чем в окружающих областях;

		г) область пространства, в которой кинетическая энергия частицы меньше, чем в окружающих областях.
4	Вероятность обнаружения частицы в любой области пространства конечного объема можно выразить формулой:	а) $P = \int \psi^* \cdot \psi dV$ б) $P = \int_V \lvert\psi\rvert dV$ в) $P = \int_x \lvert\psi\rvert^2 dx$ г) $P = \int \frac{\psi^*}{\psi} dV$
5	Эрмитовый оператор – это:	а) оператор, который совпадает со своим сопряженным оператором; б) оператор, собственное значение которого всегда является вещественной величиной; в) оператор, собственное значение которого всегда является комплексной величиной; г) оператор, собственное значение которого может являться как вещественной, так и комплексной величиной
6	Оператор Гамильтона в общем виде имеет вид	а) $\hat{H} = U$ б) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta$ в) $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U$ г) $\hat{H} = \frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U$
7	Укажите правильное утверждение:	А) Спектр оператора $\hat{\Phi}$ считается дискретным, если он состоит из нечетного множества значений fn для n=1, 2, .., соответствующих набору собственных функций ψn; Б) Спектр оператора может быть только дискретным; В) Спектр оператора может быть только непрерывным; Г) Спектр оператора $\hat{\Phi}$ считается дискретным, если он состоит из четного множества значений fn для n=1, 2, .., соответствующих набору собственных функций ψn
8	Условие ортогональности волновой функции можно записать в виде:	а) $\int_0^{+\infty} \psi_n^* \cdot \psi_m dV = 0 \quad n = m$ б) $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_n^* \cdot \psi_m dV = 0 \quad n = m$ в) $\int_0^{+\infty} \psi_n^* \cdot \psi_m dV = 0 \quad n \neq m$ г) $\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_n^* \cdot \psi_m dV = 0 \quad n \neq m$
9	Укажите правильное утверждение	а) в квантовой механике можно одновременно точно измерить кинетическую и потенциальную энергии движущейся частицы. б) в квантовой механике нельзя одновременно точно измерить кинетическую и потенциальную энергии движущейся частицы. в) в квантовой механике можно одновременно точно

		измерить как координату x частицы, так и проекцию ее импульса p_x г) в квантовой механике нельзя одновременно точно измерить как координату y частицы, так и проекцию ее импульса p_x
10	Первое уравнение Эрнфеста имеет вид	а) $\frac{d\langle x\rangle}{dt} = v$ б) $\frac{d\langle x\rangle}{dt} = \langle v\rangle$ в) $\frac{d\langle p_x\rangle}{dt} = \langle v\rangle$ г) $\frac{d\hat{p}}{dt} = \langle F_x\rangle$
11	Укажите неверное утверждение:	а) уровни энергий квантового гармонического осциллятора являются эквидистантными; б) в энергетическом спектре квантового гармонического осциллятора присутствуют нулевые колебания – колебаний с энергией $E_0 = \frac{1}{2}\cdot\hbar\cdot\omega_0$; в) уровни энергий квантового гармонического осциллятора не являются эквидистантными; г) особенности испускания и поглощения электромагнитного излучения гармоническим осциллятором таковы, что возможны переходы только между соседними уровнями то есть: $\Delta n = \pm 1$
12	Магнитное квантовое число – это	а) магнитный момент системы; б) значение энергии стационарного состояния; в) значение момента импульса стационарного состояния; г) значение проекции момента импульса стационарного состояния
13	Какой формулой можно выразить мультиплетность терма при $L \geq S$?	а) $(2S+1)$ б) $(2L+1)$ в) $(2L-1)$ г) $(2S-1)$
14	Если при перемене частиц местами волновая функция не меняет знака, то она называется	а) ортогональной; б) симметричной; в) антисимметричной; г) линейной
15	Частицы с нулевым или целочисленным спином называются	а) электронами; б) протонами; в) фермионами; г) бозонами
16	Кратность вырождения энергетического уровня с квантовым числом n с учетом спина равна	а) $2n^2$; б) n^2; в) n; г) 2n+1
17	Максимальное число электронов в состоянии с n=4 равно	а) 8; б) 18; в) 32; г) 50
18	Существование у атомов дискретных энергетических уровней было экспериментально	а) Штерна и Герлаха; б) Франка и Герца; в) Резерфорда; г) Ленарда и Томсона.

	установлено в опытах:	
19	Физический смысл магнитного квантового числа m.	а) определяет энергетический уровень электрона, удалённость энергетического уровня от ядра и размер электронного облака; б) определяет форму электронного облака и подуровень энергетического уровня, задаваемого главным (радиальным) квантовым числом n; в) характеризует ориентацию в пространстве орбитального момента импульса электрона или пространственное расположение атомной орбитали; г) характеризует собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого.
20	Свойства собственных значений и собственных функций, отвечающие состояниям дискретного спектра в случае одномерного движения частицы	а) все энергетические уровни не вырождены; б) все энергетические уровни вырождены; в) собственные функции подчиняются осцилляционной теореме; г) собственные функции не подчиняются осцилляционной теореме.

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

1. Байков, Ю.А. Квантовая механика: учебное пособие / Байков Ю.А., Кузнецов В.М. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 292 с. — ISBN 978-5-00101-856-8. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/24137.html (дата обращения: 25.07.2024).

2. Беданоков, Р. А. Квантовая физика и элементы квантовой механики / Р. А. Беданоков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 116 с. — ISBN 978-5-507-45890-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/291167 (дата обращения: 25.07.2024).

3. Иродов, И. Е. Квантовая физика: основные законы: учебное пособие: [16+] / И. Е. Иродов. – 8-е изд., эл. – Москва: Лаборатория знаний, 2021. – 261 с.: ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445929 (дата обращения: 25.07.2024).

4. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие / Д. И. Блохинцев. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-0554-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210197 (дата обращения: 25.07.2024).

5. Трясучёв В.А. Квантовая механика для студентов технических вузов: учебное пособие / Трясучёв В.А. — Томск: Томский политехнический университет, 2017. — 156 с. — ISBN 978-5-4387-0746-2. — Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84014.html (дата обращения: 25.07.2024).

7.1.2. Дополнительная литература

1. Ландау, Л.Д. Квантовая механика: учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 368 с.

2. Савельев, И.В. Основы теоретической физики: [учеб. пособие] / И.В. Савельев. М.: Наука. Квантовая механика: Т. 2., 1977. – 352 с.

3. Давыдов, Александр Сергеевич. Квантовая механика: учебное пособие для ун-тов.— / Изд.2-е,испр и перераб. — М.: Наука, 1973.— 703с.

4. Чертов, А.Г. Задачник по физике: Учеб. пособие / А.Г.Чертов, А.А. Воробьев. –М.: Высш. школа, 1981 г.

5. Венгер, Е.Ф. Сборник задач по квантовой механике: учеб. пособие для студ. физико-мат. спец. высших пед. учеб. заведений /Е.Ф. Венгер, В. М. Грибана, А.В. Мельничук – М.: Высшая школа, 2003. ─ 232 с.

Учебно-методическое обеспечение

1. Мурга, В.В. Курс лекций по курсу «Квантовая механика» (для студ. напр. подготовки «Прикладная физика» 4 курса и «Электронные устройства и системы» 3 курса всех форм обуч.) / Е.В. Буслаева, В.В. Мурга. – Алчевск: ДонГТУ, 2016. – 134с.https://library.dontu.ru/download.php?rec=98476

2. Буслаева, Е.В. Краткий справочник-словарь по курсу «Квантовая механика» (для студ. напр. подготовки «Радиофизика» 4 курса и «Электронные системы» 3 курса всех форм обуч.) / Е.В. Буслаева – Алчевск: ДонГТУ, 2016.– 53с.https://library.dontu.ru/download.php?rec=98485

3. Практикум по дисциплине «Квантовая механика» для самостоятельного изучения / Сост.: В.В. Мурга, Е.В. Мурга, Е.Р. Малюта. — Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2022. — 135 с. https://library.dontu.ru/download.php?rec=131836

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст: электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова: официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/. — Текст: электронный.
3. Консультант студента: электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x. — Текст: электронный.
4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст: электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. — Текст: электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: Аудитория для проведения лекционных и практических занятий (*20 посадочных мест)*, оборудованная специализированной (учебной) мебелью, доска аудиторная, мультимедийная доска – 1 шт.	ауд.436 корп. *главный*

Лист согласования РПД

Разработал:

Старший преподаватель кафедры электроники и радиофизики (должность) _____ (подпись) Е.В. Мурга (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой электроники и радиофизики _____ (подпись) А.М.Афанасьев (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры электроники и радиофизики от 30.08.2024г.

И.о. декана факультета информационных технологий и автоматизации производственных процессов _____ (подпись) В.В. Дьячкова (Ф.И.О.)

Согласовано:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (профиль «Инженерно-физические технологии в промышленности») _____ (подпись) А.М.Афанасьев (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____ (подпись) О.А. Коваленко (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

<table>
<tr><td colspan="2">Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений</td></tr>
<tr><td>ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td><td>ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Основание:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подпись лица, ответственного за внесение изменений</td></tr>
</table>