

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «Квантовая механика»

**Специальность**  
«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

**Основная профессиональная образовательная программа**  
«Системы контроля и управления атомных станций»

**Квалификация выпускника**  
Инженер-физик

**Форма обучения**  
Очная

### Цель освоения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** – получение знаний и умений в области описания различных квантовых физических явлений и методов построения соответствующих математических моделей, навыков, позволяющих понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению.

### Задачи изучения дисциплины:

- изучение свойств точно решаемых задач-моделей квантово-механических систем;
- изучение приближенных методов решения задач квантовой механики;
- изучение методов описания сложных систем, в том числе систем тождественных частиц;
- овладение методами квантовой механики для описания свойств различных физических систем.

### Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Квантовая механика» базируется на дисциплинах: Обыкновенные дифференциальные уравнения; Дифференциальные и интегральные уравнения; Линейная алгебра; Векторный и тензорный анализ; Уравнения математической физики; Общая физика.

Дисциплина «Квантовая механика» предшествует изучению дисциплин: статистическая физика, ядерная физика.

Знания, полученные по освоению дисциплины, являются базовыми для изучения основных дисциплин, формирующих компетентностную модель выпускника и профиль подготовки.

### Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов

### универсальные

УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
-------	--	---

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспита- тельного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разно- плановую внеучебную деятельность
<b>Профессио- нальное и тру- довое воспита- ние</b>	- формирование пси- хологической готов- ности к профессио- нальной деятельно- сти по избранной профессии <b>(B15)</b>	Использование воспита- тельного потенциала дис- циплин общепрофессио- нального модуля для: - формирования устойчи- вого интереса к професси- ональной деятельности, потребности в достиже- нии результата, понима- ния функциональных обя- занностей и задач избран- ной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответ- ственности через выпол- нение учебных, в том чис- ле практических заданий, требующих строгого со- блюдения правил техники безопасности и инструк- ций по работе с оборудо- ванием в рамках лабора- торного практикума.	1. Организация научно- практических конфе- ренций и встреч с ве- дущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и про- ведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессио- нального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов
<b>Профессио- нальное и тру- довое воспита- ние</b>	- формирование культуры исследова- тельской и инженер- ной деятельности <b>(B16)</b>	Использование воспита- тельного потенциала дис- циплин профессионально- го модуля для формиро- вания инженерного мышле- ния и инженерной культу- ры за счёт практических студенческих исследова- ний современных произ- водственных систем; про- ектной деятельности сту- дентов по разработке и оптимизации технологи- ческих систем, связанной с решением реальных производственных задач; прохождения через разно- образные игровые, твор- ческие, фестивальные формы, требующие анали- за сложного объекта, по- становки относительно него преобразовательных задач для их оптимально- го решения.	1. Организация научно- практических конфе- ренций и встреч с ве- дущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и про- ведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессио- нального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 5-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часа.

### Календарный план

№ раздела	№ темы	Наименование раздела/темы дисциплины	Виды учебной деятельности (час.)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1	<b>Основы квантовой механики</b> Математический аппарат квантовой механики	20	4	-	12	4	УО	30
	2	Средние значения и измеримость физических величин	16	6	-	6	4		
	3	Изменение квантовых состояний во времени	8	2	-	2	4		
	4	Интегралы движения в квантовой механике	6	2	-	-	4		
2	5	<b>Простейшие задачи квантовой механика.</b> <b>Основы теории представлений</b> Одномерные стационарные задачи квантовой механики	16	4	-	4	8	УО	30
	6	Движение частицы в области потенциального порога и барьера	20	8	-	6	6		
	7	Трехмерные задачи квантовой механики	10	2	-	2	6		
	8	Основы теории представлений	12	4	-	-	8		
		Зачет							40
<b>ИТОГО</b>			<b>108/ 24</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32/24</b>	<b>44</b>		<b>100</b>

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Математический аппарат квантовой механики</b> Понятие об операторах. Произведение, степень и сумма операторов. Понятия коммутативности, линейности и самосопряженности операторов. Квантово-механические операторы основных физических величин. Волновая функция.	4	1-4
<b>Средние значения и измеримость физических величин</b> Средние значения и дисперсия физических величин. Собственные состояния, собственные значения и собственные функции. Свойства собственных функций и собственных значений линейного эрмитова оператора. Дельта-функция Дирака. Собственные значения и собственные функции оператора проекции импульса. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса. Совместная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей.	6	1-4
<b>Изменение квантовых состояний во времени</b> Временное уравнение Шредингера Плотность потока вероятности Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.	2	1-4
<b>Интегралы движения в квантовой механике</b> Дифференцирование операторов по времени. Интегралы движения.	2	1-4
<b>Одномерные стационарные задачи квантовой механики</b> Свобод-	4	1-4

ное движение частицы. Частица в прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме.		
<b>Движение частицы в области потенциального порога и барьера</b> Движение частицы в области потенциального порога. Случай высокого потенциального порога. Случай низкого потенциального порога. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Радиоактивный $\alpha$ -распад. Сканирующий туннельный микроскоп. Квантовый гармонический осциллятор.	8	1-4
<b>Трехмерные задачи квантовой механики</b> Трехмерные задачи. Движение в центральном поле Радиальное уравнение Шредингера.	2	1-4
<b>Основы теории представлений.</b> Дираковские обозначения. Дискретный спектр собственных значений оператора. Энергетическое и импульсное представление уравнения Шредингера. Унитарные преобразования.	4	1-4

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Операторы в квантовой механике	2	1-5
Эрмитово сопряжение операторов	2	1-5
Операторы физических величин. Коммутаторы	4	1-5
Волновая функция	4	1-5
Средние значения и дисперсия физических величин	4	1-5
Собственные значения и собственные функции	2	1-5
Стационарное уравнение Шредингера	2	1-5
Частица в потенциальной яме	4	1-5
Частица в прямоугольной потенциальной яме с одной бесконечно высокой стенкой	2	1-5
Потенциальная прямоугольная яма конечной глубины	2	1-5
Квантовый гармонический осциллятор	2	1-5
Частица в трехмерной потенциальной яме	2	1-5

### Перечень лабораторных работ – не предусмотрены учебным планом

#### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<i>Теоретические вопросы.</i> Понятие об операторах. Произведение, степень и сумма операторов. Понятия коммутативности, линейности и самосопряженности операторов. Квантово-механические операторы основных физических величин. Волновая функция. <i>Решение задач.</i> Операторы в квантовой механике. Эрмитово сопряжение операторов Операторы физических величин. Коммутаторы. Волновая функция.	4	1-5
<i>Теоретические вопросы</i> Средние значения и дисперсия физических величин. Собственные состояния, собственные значения и собственные функции. Свойства собственных функций и собственных значений линейного эрмитова оператора. Дельта-функция Дирака. Собственные значения и собственные	4	1-5

<p>функции оператора проекции импульса. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса. Совместная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Средние значения и дисперсия физических величин. Собственные значения и собственные функции.</p>		
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Временное уравнение Шредингера Плотность потока вероятности Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Стационарное уравнение Шредингера</p>	4	1-5
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Дифференцирование операторов по времени. Интегралы движения.</p>	4	1-5
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Свободное движение частицы. Частица в прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Частица в потенциальной яме.</p>	8	1-5
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Движение частицы в области потенциального порога. Случай высокого потенциального порога. Случай низкого потенциального порога. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Радиоактивный <math>\alpha</math>-распад. Сканирующий туннельный микроскоп. Квантовый гармонический осциллятор.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Частица в прямоугольной потенциальной яме с одной бесконечно высокой стенкой. Потенциальная прямоугольная яма конечной глубины. Квантовый гармонический осциллятор.</p>	6	1-5
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Трехмерные задачи. Движение в центральном поле Радиальное уравнение Шредингера.</p> <p><i>Решение задач.</i></p> <p>Частица в трехмерной потенциальной яме.</p>	6	1-5
<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <p>Дираковские обозначения. Дискретный спектр собственных значений оператора. Энергетическое и импульсное представление уравнения Шредингера. Унитарные преобразования.</p>	8	1-5

### Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

При изучении дисциплины применяются следующие образовательные технологии:

- классическое лекционное обучение с использованием наглядных пособий;
- проведение лекций при поддержке мультимедиа;
- проведение практических занятий с решением примеров у доски, а также при поддержке мультимедиа, самостоятельное решение задач обучающимися в присутствии преподавателя;
- проблемный подход;
- разноуровневое обучение;
- самостоятельное изучение дисциплины обучающимися при помощи учебных печатных и электронных изданий;

- информационно-коммуникационные технологии – в институте имеются специализированные помещения для самостоятельной работы, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе;
- интерактивный глоссарий по теоретической механике;
- методические указания (в том числе в электронной форме) по различным разделам дисциплины.

Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

### Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (устно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
1	Основы квантовой механики	У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Практические занятия Устный опрос в форме собеседования.
2	Простейшие задачи квантовой механика. Основы теории представлений	У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Практические занятия Устный опрос в форме собеседования.
<b>Промежуточная аттестация</b>			
1	Зачет	У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, З-УКЕ-1, З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Вопросы к зачету (устно)

**Входной контроль** предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

### Вопросы к собеседованию

#### Математика

1. Вектор. Сложение векторов. Умножение вектора на число.
2. Проекция вектора на ось. Основные теоремы о проекциях.
3. Скалярное произведение двух векторов.
4. Векторное произведение двух векторов.
5. Прямоугольная декартова система координат. Полярная система координат. Цилиндрическая система координат. Формулы перехода от одной системы координат к другой.
6. Действия над векторами, заданными своими координатами.
7. Производная функции. Таблица производных.
8. Правила вычисления производной (постоянной величины, суммы, произведения, дроби, сложной функции, параметрически заданной функции).
9. Неопределенный интеграл. Таблица интегралов.
10. Основные свойства неопределенного интеграла (интеграл дифференциала, дифференциал интеграла, производная интеграла, интеграл суммы).
11. Определенный интеграл. Формула Ньютона-Лейбница.
12. Кратные интегралы.
13. Криволинейный интеграл 1-го и 2-го рода.

14. Дифференциальные уравнения. Порядок уравнения.
15. Общее решение (интеграл) обыкновенного дифференциального уравнения.
16. Частное решение обыкновенного дифференциального уравнения. Задача Коши. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши.
17. Основные виды дифференциальных уравнений и методы их решения.

### **Физика**

18. Система отсчета. Понятие скорости и ускорения точки.
19. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела.
20. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
21. Второй закон Ньютона. Инертность материальных тел.
22. Третий закон Ньютона.
23. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.
24. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес тела.
25. Трение. Сила трения. Закон Амонтона-Кулона.
26. Механическая система. Внешние и внутренние силы. Изолированная система.
27. Закон сохранения импульса.
28. Энергия, работа, мощность.
29. Закон сохранения энергии.
30. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.
31. Момент инерции твердого тела относительно оси.
32. Закон сохранения момента импульса.
33. Деформации твердого тела. Закон Гука.
34. Давление в жидкости и газе. Закон Паскаля. Закон Архимеда.
35. Движение тел в жидкостях и газах. Лобовое сопротивление. Подъемная сила.
36. Основные положения теории относительности Эйнштейна.
37. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
38. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
39. Определение идеального газа.
40. Каков физический смысл температуры с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
41. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева).
42. Изотермический, изохорный, изобарный процессы и их изображение на P-V-диаграмме.
43. Закон Бойля-Мариотта.
44. Закон Гей-Люссака.
45. Закон Шарля.
46. Что такое удельная теплоёмкость вещества?
47. Электрические заряды, их виды. Закон сохранения электрического заряда в изолированной системе.
48. Закон Кулона в векторной форме.
49. Электрическое поле и его напряженность. Линии вектора напряженности электрического поля.
50. Принцип суперпозиции электростатических полей.
51. Поток вектора напряженности электростатического поля.
52. Теорема Гаусса (Остроградского-Гаусса) для электростатического поля в вакууме.
53. Расчёт напряженности электростатических полей, создаваемых бесконечной равномерно заряженной плоскостью, двумя параллельными бесконечными равномерно заряженными плоскостями.
54. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Эквипотенциальные поверхности.
55. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля.
56. Проводники в электростатическом поле (распределение зарядов, потенциала).
57. Электрический диполь. Дипольный момент.
58. Диэлектрики в электростатическом поле. Связанные заряды на них. Типы диэлектриков.
59. Поляризация диэлектриков, её типы.
60. Сила Лоренца.
61. Движение заряженных частиц в магнитном поле (вывод формул для радиуса траектории, периода вращения).



62. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле.
63. Магнитные моменты электронов и атомов.
64. Прецессия электронных орбит атомов во внешнем магнитном поле.
65. Парамагнетика, их магнитные свойства.

### Шкала оценивания обучающегося на входном контроле

Требования к знаниям, умениям и навыкам обучающегося	Баллы рейтинговой оценки
Обучающийся отлично владеет основными понятиями математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, может решать нестандартные задачи.	5
Обучающийся хорошо владеет большей частью основных понятий математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает и умеет применять основные формулы и законы, владеет методикой решения типовых задач.	2-4
Обучающийся имеет удовлетворительный уровень знания математики, физики, начертательной геометрии и инженерной графики, знает основные формулы и законы, способен решать простейшие задачи.	1
Обучающийся практически не овладел значительной частью программного материала и не владеет важнейшими инструментами математики, физики и начертательной геометрии и инженерной графики, не умеет решать даже типовых задач.	0

### Оценочные средства для текущего контроля Вопросы к собеседованию по разделу 1

1. Понятие об операторах
2. Произведение, степень и сумма операторов
3. Понятия коммутативности, линейности и самосопряженности операторов
4. Квантово-механические операторы основных физических величин
5. Волновая функция
6. Дираковские обозначения
7. Средние значения и дисперсия физических величин
8. Собственные состояния, собственные значения и собственные функции
9. Свойства собственных функций и собственных значений линейного эрмитова оператора
10. Дельта-функция Дирака
11. Собственные значения и собственные функции оператора проекции импульса
12. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса
13. Совместная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей
14. Плотность потока вероятности
15. Стационарные состояния
16. Дифференцирование операторов по времени
17. Интегралы движения

### Шкала оценивания обучающегося на собеседовании по разделу 1

Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	13-15
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская суще-	10-13

ственных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	9-10
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-8

Усвоение знаний на практических занятиях по темам раздела 1 проверяется на контрольной работе по разделу.

### Типовая контрольная работа по разделу №1

1. Вычислить коммутатор  $\left[ ie^{ix} \frac{\partial}{\partial x}, e^{-ix} \right]$ .
2. Вычислите коммутатор  $[\widehat{p}_x, \widehat{L}_z]$ , выразите его через известный оператор.
3. Плоский ротатор (система из материальной точки или физического тела, вращающегося относительно неподвижного центра) находится в состоянии, описываемом волновой функцией  $\Psi(\varphi) = A \cos^2 \varphi$ . Определить нормировочную константу  $A$ .
4. Частица совершает одномерное движение на интервале  $(0, l)$ , ее волновая функция имеет вид  $\Psi(x) = A \sin(\pi x/l)$ . Найти:  $A, \langle x \rangle, \langle p_x \rangle, \langle E \rangle$ .

## Раздел 2

### Вопросы к собеседованию по разделу 2

1. Свободное движение частицы
2. Частица в прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме
3. Движение частицы в области потенциального порога. Случай высокого потенциального порога
4. Движение частицы в области потенциального порога. Случай низкого потенциального порога
5. Прохождение частицы через потенциальный барьер прямоугольной формы
6. Прохождение частицы через потенциальный барьер произвольной формы.
7. Туннельный эффект.
8. Радиоактивный  $\alpha$ -распад.
9. Сканирующий туннельный микроскоп.
10. Квантовый гармонический осциллятор.
11. Трехмерные задачи.
12. Движение в центральном поле.
13. Радиальное уравнение Шредингера.
14. Дираковские обозначения.
15. Дискретный спектр собственных значений оператора.
16. Энергетическое и импульсное представление уравнения Шредингера
17. Унитарные преобразования.

### Шкала оценивания обучающегося на собеседовании по разделу 2

Уровень освоения материала	Баллы рейтинговой оценки
Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, не-	13-15

обходимые практические навыки работы с материалом полностью сформированы. Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.	
Теоретическое содержание дисциплины освоено практически полностью, обучающийся грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	10-13
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся имеет знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, однако обучающийся испытывает затруднения при решении практических задач.	9-10
Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, обучающийся допускает существенные ошибки, не видит взаимосвязи теории с практикой, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено. Необходима дополнительная самостоятельная работа над материалом курса.	0-8

Усвоение знаний на практических занятиях по темам раздела 1 проверяется на контрольной работе по разделу.

### Типовая контрольная работа по разделу №2

#### Задача № 1

Частица массой  $m$  находится в основном состоянии в одномерном потенциальном поле  $U(x) = \frac{kx^2}{2}$ , волновая функция частицы имеет вид  $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$ . Найти с помощью уравнение Шредингера постоянные и полную энергию частицы в этом состоянии.

#### Задача № 2

Частица массой  $m$  находится в сферически симметричном потенциальном поле в основном состоянии  $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} \frac{\exp(-\frac{r}{a})}{r}$ , где  $r$  – расстояние от центра поля. Найти среднее значение  $\langle r \rangle$ .

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Вопросы к зачету

1. Понятие об операторах
2. Произведение, степень и сумма операторов
3. Понятия коммутативности, линейности и самосопряженности операторов
4. Квантово-механические операторы основных физических величин
5. Волновая функция
6. Дираковские обозначения
7. Средние значения и дисперсия физических величин
8. Собственные состояния, собственные значения и собственные функции
9. Свойства собственных функций и собственных значений линейного эрмитова оператора
10. Дельта-функция Дирака
11. Собственные значения и собственные функции оператора проекции импульса
12. Собственные значения и собственные функции оператора момента импульса
13. Совместная измеримость физических величин. Соотношение неопределенностей
14. Плотность потока вероятности
15. Стационарные состояния

16. Дифференцирование операторов по времени
17. Интегралы движения
18. Свободное движение частицы
19. Частица в прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме
20. Движение частицы в области потенциального порога. Случай высокого потенциального порога
21. Движение частицы в области потенциального порога. Случай низкого потенциального порога
22. Прохождение частицы через потенциальный барьер прямоугольной формы
23. Прохождение частицы через потенциальный барьер произвольной формы.
24. Туннельный эффект.
25. Радиоактивный  $\alpha$ -распад.
26. Сканирующий туннельный микроскоп.
27. Квантовый гармонический осциллятор.
28. Трехмерные задачи.
29. Движение в центральном поле.
30. Радиальное уравнение Шредингера.
31. Дираковские обозначения.
32. Дискретный спектр собственных значений оператора.
33. Энергетическое и импульсное представление уравнения Шредингера
34. Унитарные преобразования.

#### Шкала оценивания обучающегося на зачете

Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
«зачтено» 24 - 40 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.</li> </ul>
«не зачтено» 0 -23 баллов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</li> <li>– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.</li> </ul>

Баллы итоговой рейтинговой оценки по дисциплине «Квантовая механика»:

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Требования к знаниям
100-85	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.

69-60	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.
-------	--

Студент, получивший менее 60% от максимального балла за раздел дисциплины или промежуточную аттестацию, считается неаттестованным по данной дисциплине.

### **Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

#### Основная литература:

1. Байков, Ю. А. Квантовая механика : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 294 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/151548/#1>
2. Дырдин, В. В. Физика. Квантовая физика. Квантовая механика и атомная физика : учебное пособие / В. В. Дырдин, Т. Л. Ким, С. А. Шепелева. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. — 182 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/115114/#1>
3. Чичерина, Н. В. Физика. Электромагнетизм. Оптика. Элементы квантовой механики : учебное пособие / Н. В. Чичерина, А. А. Штыгашев. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 98 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/118460/#1>

#### Дополнительная литература:

4. Беданов, Р. А. Квантовая физика и элементы квантовой механики : учебник / Р. А. Беданов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 116 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/130154/#1>
5. Сборник задач по квантовой механике и квантовой электронике : учебное пособие / А. В. Маругин, А. П. Савикин, В. В. Шарков, О. В. Шаркова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2018. — 34 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/144859/#1>

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебной аудитории, оборудованной видеопроектором, экраном, персональным компьютером и динамиками.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются специализированные помещения, оборудованные персональными компьютерами с выходом в Интернет и с доступом к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке и электронной информационно-образовательной среде вуза, а также к другим библиотечным фондам.

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

#### 1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

#### 2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практических занятий уяснить тему занятия и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончательного

итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### 3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументированно обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

### 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил профессор Чернова Н.М.

Рецензент: доцент Барановская Л.В.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Председатель учебно-методической комиссии Ефремова Т. А.