

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Квантовая механика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная физика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.11.03 Квантовая механика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1: Демонстрация способности применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Знать основы квантовой механики микроскопических систем; операторы основных физических величин, уравнение Шредингера и основные приближения, используемые при его решении в различных физических ситуациях. Уметь пользоваться Шредингеровским и Гейзенберговским подходами для решения стационарных квантовомеханических задач и вычисления измеримых величин. Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ОПК-3: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-3.1: Демонстрация способности понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3.1: Знать основные принципы современных информационных технологий Уметь применять полученные знания о современных информационных технологиях для решения задач профессиональной деятельности. Владеть навыками использования современных информационных технологий для решения задач профессиональной	Задачи	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

		деятельности.		
--	--	---------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	8
Часов по учебному плану	288
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64
- КСР	4
самостоятельная работа	84
Промежуточная аттестация	72 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	Ф Ф Ф	
Проблемы классической физики и необходимость квантовой теории	14	4	4	8	6
Волновая функция и операторы в квантовой механике	14	4	4	8	6
Представления в квантовой механике	14	4	4	8	6
Импульс и момент импульса	14	4	4	8	6
Квантовая механика одномерных систем	14	4	4	8	6
Гармонический осциллятор	14	4	4	8	6
Атом водорода	14	4	4	8	6
Теория возмущений в квантовой механике (стационарная и нестационарная)	14	4	4	8	6
Квазиклассическое приближение	14	4	4	8	6
Основы теории рассеяния	14	4	4	8	6
Калибровочная инвариантность. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом	18	6	6	12	6
Спин	18	6	6	12	6

Тожественные частицы. Вторичное квантование	18	6	6	12	6
Уравнение Дирака	18	6	6	12	6
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	288	64	64	132	84

Содержание разделов и тем дисциплины

Проблемы классической физики и необходимость квантовой теории
 Волновая функция и операторы в квантовой механике
 Представления в квантовой механике
 Импульс и момент импульса
 Квантовая механика одномерных систем
 Гармонический осциллятор
 Атом водорода
 Теория возмущений в квантовой механике (стационарная и нестационарная)
 Квазиклассическое приближение
 Основы теории рассеяния
 Калибровочная инвариантность. Взаимодействие электромагнитного поля с веществом
 Спин
 Тожественные частицы. Вторичное квантование
 Уравнение Дирака

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика (нерелятивистская теория): Учебное пособие. в 10 т. Т. 3. Квантовая механика испр. М Физматлит, 2002. -808 с. — Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100572.html>
- 2) Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Тома 8, 9: Квантовая механика. М.: Мир, 1978. - 524 с. -24 экз.
- 3) Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики, изд. 5, Москва, Наука, 1976. -664 с. -90 экз.
- 4) Мигдал, А. Б. Качественные методы в квантовой теории, Москва : Наука, 1975 -335 с. -16 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) Мигдал А.Б., Крайнов В.П. Приближенные методы квантовой механики М.: Нау-ка, 1966 -152 с. -10 экз.
- 2) Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика М.: Наука, 1969. -623 с. -8 экз.

- 3) Елютин, Кривченков, Квантовая механика, М. Наука, 1976 -336с -54 экз.
- 4) В.В. Балашов, В.К. Долинов, Курс квантовой механики, изд МГУ, 1982г.-304 с. — Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100777.html>
- 5) Р.Фейнман, А.Хибс"Квантовая механика и интегралы по траекториям" Пер. с англ. Э.М. Барлита и Ю.Л. Обухова. Под ред. В.С. Барашенкова. М.: "Мир", 1968 -382 с. -12 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

Лекции по квантовой механике под авторством А.Л. Барабанов от МФТИ
https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/qm-barabanov.php

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Найдите средние значения и дисперсии координаты и проекции импульса в состоянии с волновой функцией

$$\psi(x) = C \exp\left(\frac{ip_0x}{a} - \frac{(x - x_0)^2}{2a^2}\right).$$

Здесь p_0 , x_0 и a – действительные числа, а C – некоторая нормировочная константа.

Ответ:

2. При вещественных α и β найдите собственные функции $\psi_f(x)$ оператора $\hat{f} = \alpha \hat{p}_x + \beta \hat{x}$ ($\hat{f}\psi_f = f\psi_f$), нормированные условием

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_f(x)\psi_{f'}^*(x)dx = \delta(f - f').$$

Ответ:

3. Для гамильтониана $\hat{H} = \frac{\hat{p}_x^2}{2m} + \frac{m\omega^2 \hat{x}^2}{2}$ найдите операторы \hat{x} и \hat{p}_x в представлении Гейзенберга.

Ответ:

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Частица, движущаяся в одномерном пространстве, имеет волновую функцию

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2p_0\hbar^3}{\pi}} \frac{1}{\hbar^2 + p_0^2 x^2},$$

где p_0 – положительное число. Найдите вероятность того, что проекция импульса частицы на ось x лежит в интервале $(0, p_1)$.

Ответ:

2. Для гармонического осциллятора с частотой ω и массой m вычислите средние значения и дисперсии координаты и проекции импульса в стационарном состоянии с энергией $E_n = \hbar\omega(n+1/2)$.

Ответ:

3. Напишите функцию, нормированную на единичной сфере, являющуюся собственной функцией оператора квадрата момента импульса с моментом $l = 1$, а также собственной функцией оператора проекции момента на ось с направляющим вектором $\mathbf{n} = (\sin\alpha, 0, \cos\alpha)$, отвечающей собственному значению 1.

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные

Оценка	Критерии оценивания
	умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Найдите средние значения и дисперсии координаты и проекции импульса в состоянии с волновой функцией

$$\psi(x) = C \exp\left(\frac{ip_0x}{a} - \frac{(x-x_0)^2}{2a^2}\right).$$

Здесь p_0 , x_0 и a – действительные числа, а C – некоторая нормировочная константа.

Ответ:

2. При вещественных α и β найдите собственные функции $\psi_f(x)$ оператора $\hat{f} = \alpha\hat{p}_x + \beta\hat{x}$ ($\hat{f}\psi_f = f\psi_f$), нормированные условием

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi_f(x)\psi_{f'}^*(x)dx = \delta(f-f').$$

Ответ:

3. Для гамильтониана $\hat{H} = \frac{\hat{p}_x^2}{2m} + \frac{m\omega^2\hat{x}^2}{2}$ найдите операторы \hat{x} и \hat{p}_x в представлении Гейзенберга.

Ответ:

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Частица, движущаяся в одномерном пространстве, имеет волновую функцию

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2p_0\hbar^3}{\pi}} \frac{1}{\hbar^2 + p_0^2x^2},$$

где p_0 – положительное число. Найдите вероятность того, что проекция импульса частицы на ось x лежит в интервале $(0, p_1)$.

Ответ:

2. Для гармонического осциллятора с частотой ω и массой m вычислите средние значения и дисперсии координаты и проекции импульса в стационарном состоянии с энергией $E_n = \hbar\omega(n+1/2)$.

Ответ:

3. Напишите функцию, нормированную на единичной сфере, являющуюся собственной функцией оператора квадрата момента импульса с моментом $l = 1$, а также собственной функцией оператора проекции момента на ось с направляющим вектором $\mathbf{n} = (\sin\alpha, 0, \cos\alpha)$, отвечающей собственному значению 1.

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от

Оценка	Критерии оценивания
	ответа.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Уравнение Шредингера. Оператор Гамильтона. Физический смысл волновой функции.
2. Гармонический осциллятор.
3. Общие свойства одномерного движения в квантовой механике.
4. Атом водорода. Спектр и волновые функции.
5. Операторы импульса и момента импульса.
6. Электрон в магнитном поле.
7. Основы теории представлений в квантовой механике.
8. Представления Шредингера и Гейзенберга.
9. Соотношения неопределенности.
10. Законы сохранения в квантовой механике.
11. Матрица плотности.
12. Стационарная теория возмущений в невырожденном спектре.
13. Уравнение Дирака.
14. Стационарная теория возмущений в вырожденном спектре.
15. Обменное взаимодействие.
16. Нестационарная теория возмущений.
17. Квантование электромагнитного поля.
18. Квазиклассическое приближение.
19. Спин.
20. Вторичное квантование для бозонов.
21. Вариационный метод в квантовой механике.
22. Вторичное квантование для фермионов.
23. Борновское приближение в теории рассеяния.
24. Тождественность частиц. Фермионы и бозоны.
25. Переход к нерелятивистскому пределу в уравнении Дирака. Релятивистские поправки.
26. Теория рассеяния в квантовой механике. Постановка задачи, фазы рассеяния, сечение рассеяния.
27. Плотность энергетических уровней.
28. Взаимодействие электрона с полем излучения. Спонтанное и вынужденное излучение
29. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-3

1. Уравнение Шредингера. Оператор Гамильтона. Физический смысл волновой функции.
2. Гармонический осциллятор.
3. Общие свойства одномерного движения в квантовой механике.
4. Атом водорода. Спектр и волновые функции.
5. Операторы импульса и момента импульса.
6. Электрон в магнитном поле.
7. Основы теории представлений в квантовой механике.
8. Представления Шредингера и Гейзенберга.
9. Соотношения неопределенности.

10. Законы сохранения в квантовой механике.
11. Матрица плотности.
12. Стационарная теория возмущений в невырожденном спектре.
13. Уравнение Дирака.
14. Стационарная теория возмущений в вырожденном спектре.
15. Обменное взаимодействие.
16. Нестационарная теория возмущений.
17. Квантование электромагнитного поля.
18. Квазиклассическое приближение.
19. Спин.
20. Вторичное квантование для бозонов.
21. Вариационный метод в квантовой механике.
22. Вторичное квантование для фермионов.
23. Борновское приближение в теории рассеяния.
24. Тождественность частиц. Фермионы и бозоны.
25. Переход к нерелятивистскому пределу в уравнении Дирака. Релятивистские поправки.
26. Теория рассеяния в квантовой механике. Постановка задачи, фазы рассеяния, сечение рассеяния.
27. Плотность энергетических уровней.
28. Взаимодействие электрона с полем излучения. Спонтанное и вынужденное излучение
29. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с

Оценка	Критерии оценивания
	негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика. Т. 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Физматгиз, 1963. - 702 с. - 20.00., 2 экз.
2. Фейнман Ричард П. Фейнмановские лекции по физике = The Feynman Lectures on Physics : в 9 т. Т. 8 - 9. Квантовая механика / [пер. с англ. Г. И. Копылова ; под ред. Я. А. Смородинского]. - 2-е изд. - М. : Мир, 1978. - 524 с. - 50.00., 24 экз.
3. Блохинцев Дмитрий Иванович. Основы квантовой механики : [учеб. пособие для вузов]. - 5-е изд., перераб. - М. : Наука, 1976. - 664 с. : ил. - 1.60., 86 экз.
4. Мигдал Аркадий Бенедиктович. Качественные методы в квантовой теории. - М. : Наука, 1975. - 335 с. : ил. - В вып. дан. авт.: Аркадий Бейнусович Мигдал. - 0.72., 18 экз.

Дополнительная литература:

1. Мигдал Аркадий Бенедиктович. Приближенные методы квантовой механики. - М. : Наука, 1966. - 152 с. : черт. - 0.26., 5 экз.
2. Ахиезер Александр Ильич. Квантовая электродинамика. - 4-е изд., перераб. - М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. - 431 с. - 4347.00., 5 экз.
3. Елютин Павел Вячеславович. Квантовая механика с задачами : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов. - М. : Наука, 1976. - 336 с. - 0.71., 68 экз.
4. Балашов Всеволод Вячеславович. Курс квантовой механики : [для физ специальностей ун-тов]. - М. : Изд-во МГУ, 1982. - 280 с. : граф. - 0.85., 55 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Лекции по квантовой механике под авторством А.Л. Барабанов от МФТИ
https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/qm-barabanov.php

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Мельников Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук
Беспалов Антон Андреевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.