

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Радиофизический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол от
«31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Квантовая механика

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.03.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Фундаментальная радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина <i>Б1.О.21, квантовая механика</i> относится к обязательной части ООП направления подготовки <i>03.03.03 Радиофизика</i> .

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**	
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями в области физики и радиофизики. ОПК-1.2. Анализирует физические аспекты теории и возможности ее использования для решения научно-исследовательских задач. ОПК-1.3. Решает научно-исследовательские задачи, в том числе в сфере педагогической деятельности.	З1 (ОПК-1) Знать методики получения базовых знаний в области квантовой механики. У1 (ОПК-1) Уметь овладевать базовыми знаниями в области квантовой механики и использовать их в профессиональной деятельности. В1 (ОПК-1) Владеть опытом получения базовых знаний в области квантовой механики и их использования в профессиональной деятельности.	<i>Собеседование, контрольная работа, задача</i>

ОПК-2. Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	<p>ОПК-2.1 Использует методы радиофизических измерений и методы обработки результатов.</p> <p>ОПК-2.2 Формулирует задачи экспериментального и теоретического исследования в области радиофизики, использует радиофизическое измерительное оборудование и применяет теоретические методы.</p> <p>ОПК-3.3 Применяет практические навыки радиофизических исследований и представления результатов.</p>	<p>З1 (ОПК-2) Знать современные образовательные и информационные технологии для самостоятельного приобретения новых знаний в области квантовой механики.</p> <p>У1 (ОПК-2) Уметь самостоятельно приобретать новые знания в области квантовой механики, используя современные образовательные и информационные технологии.</p> <p>В1 (ОПК-2) Владеть опытом самостоятельного приобретения новых знаний в области квантовой механики с использованием современных образовательных и информационных технологий.</p>	Собеседование, домашние задания
--	---	--	---------------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	80
- занятия семинарского типа	32
(практические занятия / лабораторные работы)	

самостоятельная работа	65
КСР	3
Промежуточная аттестация – Зачет (5 сем.), экзамен (6 сем.)	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Введение в курс квантовой механики.	13	4			4	9
2. Физические величины в классике и квантовой механике	8	4	2		6	2
3. Общая теория операторов физических величин.	19	8	2		10	9
4. Измерение в квантовой механике.	18	4	2		6	12
5. Уравнение Шредингера для свободной нерелятивистской частицы.	10	4	2		6	4
6. Представление Гейзенберга	8	4			4	4
7. Запутанные и независимые состояния.	6	4			4	2
8. Одномерное движение.	8	4	2		6	2
9. Точно решаемые потенциалы.	4	2			2	2
10. Гармонический осциллятор.	8	4	2		6	2
11. Оператор орбитального момента.	14	8	4		12	2
12. Движение в центральном поле.	6	4			4	2
13. Кулоново поле.	8	4	2		6	2
14. Теория возмущений.	14	8	4		12	2
15. Квазиклассическое приближение.	15	8	4		12	3
16. Спин.	11	4	4		8	3
17. Движение электрона в магнитном поле.	7	2	2		4	3
В т. ч. текущий контроль	3					
Промежуточная аттестация – экзамен	36					

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности 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, без ошибок.	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.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	я от ответа	ошибки.	недочетами				
--	-------------	---------	------------	--	--	--	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	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
зачтено	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

5.2.1 Контрольные вопросы

вопросы	Код формируемой компетенции
1. Стационарные состояния гармонического осциллятора. Подход дифференциального уравнения. Нахождение собственных энергий.	ОПК-1
2. Выведите формулы теории возмущений для 1 и 2 поправки к энергии	ОПК-1
3. Указать вид оператора проекции спина s_n на произвольное направление, задаваемое единичным вектором n . Найти среднее значение проекции спина на ось n в состоянии с определенной проекцией спина на ось z .	ОПК-1
4. Операторы рождения и уничтожения в задаче о гармоническом осцилляторе. Вывод выражений для	ОПК-1

собственных энергий и собственных функций.	
5. Методом ВКБ найдите амплитуду и фазу отраженной волны от линейного потенциала	ОПК-1
6. Найти волновые функции стационарных состояний и собственные значения энергии плоского ротатора (вращающейся системы из двух жестко связанных друг с другом частиц). Момент инерции ротатора $I=ma^2$, где m - приведенная масса частиц, a - расстояние между ними. Частицы вращаются в фиксированной плоскости. Какова кратность вырождения уровней.	ОПК-1
7. Найдите глубину 3D прямоугольной ямы, необходимой для появления связанного состояния.	ОПК-1
8. Выведите формулы квазиклассического приближения. Базисные решения. Оцените локальная точность.	ОПК-1
9. Найти коммутатор операторов L^2, L_α .	ОПК-1
10. Опишите свободное движение частицы в сферической системе координат. Какими квантовыми числами характеризуется движение.	ОПК-1
11. С помощью теории возмущений найдите поправки к энергии основного состояния для слабо аангармонического осциллятора $V=\alpha x^3$.	ОПК-1
12. Найти коммутатор операторов проекций моментов импульса.	ОПК-1
13. Орбитальный момент. Связь с вращением. Повышающие и понижающие операторы. Матричное представление операторов момента.	ОПК-1
14. Теория возмущений в случае вырождения. Напишите явные формулы для задачи о двукратном вырождении.	ОПК-1
15. На частицу, находящуюся при $t \rightarrow -\infty$ в основном состоянии в бесконечно глубокой яме с прямоугольными стенками (ширина ямы a), накладывается слабое однородное поле, изменяющееся во времени по закону $V(x,t)=-xF_0 \exp(-t^2/\tau^2)$. Вычислить в первом порядке теории возмущений вероятности возбуждения различных состояний частиц при $t \rightarrow +\infty$.	ОПК-1
16. Оператор орбитального момента в декартовых координатах. Преобразование вращения. Коммутационные соотношения	ОПК-1
17. Выведите формулу Золотого правила Ферми.	ОПК-1
18. Найти спектр энергии в атоме водорода. Какими квантовыми числами характеризуются уровни	ОПК-1
19. Опишите принцип работы анализатора Штерна-Гелаха.	ОПК-1
20. Стационарная теория возмущений в случае вырождения. Задача об электроны в поле двух одинаковых ядер. Правильные функции нулевого приближения. Интегралы	ОПК-1

перекрытия.	
21. Выразить оператор поворота R_α , описывающий преобразование волновой функции частицы при вращении системы координат на угол α относительно оси, направление которой в пространстве определяется единичным вектором \mathbf{n} , через оператор момента импульса.	ОПК-1
22. Оператор орбитального момента. Спектр энергий и собственные функции симметричного ротатора.	ОПК-1
23. Теория возмущений в случае периодического воздействия. Найдите вероятности переходов между уровнями в бесконечно глубокой яме под действием однородного гармонического поля.	ОПК-1
24. Найти расщепление первого возбужденного уровня энергии плоского симметричного гармонического осциллятора (k - жесткость осциллятора, m - его масса, плоскость (x,y) - плоскость колебаний) под действием возмущения вида $V=\alpha xy$ в первом порядке по теории возмущений.	ОПК-1
25. Спин. Многокомпонентная волновая функция. Опыт Штерна-Герлаха. Спиновая переменная. Инфинитезимальное преобразование вращения и оператор спина.	ОПК-1
26. Стационарная теория возмущений в случае вырождения. Секулярное уравнение. Правильные функции нулевого приближения.	ОПК-1
27. Найти значения энергии, при которых частицы не отражаются от потенциального барьера $U(x)=\alpha[\delta(x)+\delta(x+a)]$.	ОПК-1
28. Преобразование спиновой волновой функции при конечном вращении. Явные выражения для спина $\frac{1}{2}$	ОПК-1
29. Симметрия по отношению к преобразованию инверсии. Истинные и псевдо скаляры, векторы и тензоры. Четность различных сферических гармоник.	ОПК-1
30. Найти коэффициент прохождения частиц через прямоугольный потенциальный барьер, $U(x)=0$;	ОПК-1
31. Спин $1/2$. Матрицы Паули. Коммутационные и антикоммутационные соотношения. Алгебра матриц Паули. Собственные числа и собственные функции операторов проекций спина.	ОПК-1
32. С помощью теории возмущений найдите поправки к энергиям для слабо аангармонического осциллятора $V=\alpha x^4$.	ОПК-1
33. Доказать, что для потенциального барьера произвольной формы выполняется соотношение $R(E)+T(E)=1$, R и T – коэффициенты отражения и прохождения, соответственно. Рассмотреть потенциальный барьер наиболее общей формы	ОПК-1
34. Примените метод ВКБ к гармоническому осциллятору.	ОПК-1

Сравните ответы с точными.	
35. Оператор спина. Коммутационные соотношения. Собственные числа и собственные функции операторов спина. Матричные элементы.	ОПК-1
36. Найти электрический потенциал, создаваемый атомом водорода, находящимся в основном состоянии.	ОПК-1
37. Вариационный принцип. Осцилляционная теорема. Существование связанного состояния в 1D мелкой одномерной яме.	ОПК-1
38. Оператор орбитального момента. Собственные функции и числа. Явные выражения для операторов орбитального момента в сферических координатах.	ОПК-1
39. На частицу в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины a ($0 < x < a$) наложено возмущение вида $V(x) = V_0 \cos^2(\pi x/a)$. Рассчитать изменение энергетических уровней частицы в первых двух порядках теории возмущений.	ОПК-1
40. Оператор орбитального момента. Спектр энергии и собственные функции плоского ротатора.	ОПК-1
41. Нестационарная теория возмущений. Общая теория.	ОПК-2
42. Для сферически симметричного кулоновского потенциала $U(r) = -\gamma/r$ ($\gamma > 0$) оценить энергию основного состояния, пользуясь пробной функцией вида $\psi(r) \sim \exp(-\alpha r^2/2)$, где α - вариационный параметр. Сравните результат с точным решением.	ОПК-2
43. Существование связанного состояния в 2D мелкой прямоугольной яме. Зависимость энергии связи от глубины ямы	ОПК-2
44. Нестационарная теория возмущений. Золотое правило Ферми.	ОПК-2
45. Найти собственные значения энергии и волновые функции частицы в потенциале ($\alpha > 0$)	ОПК-2
46. $U(x) = \alpha \delta(x)$;	ОПК-2
47. $U(x) = \infty$;	ОПК-2
48. Отдельно рассмотрите случай $m\alpha a/\hbar^2 \gg 1$.	ОПК-2
49. Одномерное уравнение Шредингера. Решение задач с дельта-функцией в потенциале. Граничные условия.	ОПК-2
50. Стационарная теория возмущений. Общая теория.	ОПК-2
51. Найти собственные значения оператора $f = aI + \mathbf{b} \cdot \boldsymbol{\sigma}$ (a - число, \mathbf{b} - вектор, $\boldsymbol{\sigma}$ - вектор из матриц Паули, I - единичная матрица).	ОПК-2
52. Движение в центральном поле. Общие свойства. Центробежная энергия.	ОПК-2
53. Квазиклассическое приближение. Задача о потенциальной	ОПК-2

яме. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.	
54. Найти собственные значения и собственные функции операторов проекций спина для частицы со спином $s=1/2$.	ОПК-2
55. Покажите, что произвольная функция от матриц Паули $f=aI+b\sigma$ сводится к линейной и найдите её.	ОПК-2
56. Нестационарная теория возмущений. Резонансный случай.	ОПК-2
57. Определить коэффициенты отражения и прохождения частиц в случае потенциала $U(x)=\alpha\delta(x)$. Рассмотреть предельные случаи $E\rightarrow\infty$ и $E\rightarrow 0$.	ОПК-2
58. С помощью прямого вариационного принципа оцените энергию атома водорода.	ОПК-2
59. Квазиклассическое приближение. Выведите формулу для набега фазы при отражении от линейного слоя.	ОПК-2
60. Для двумерной потенциальной ямы конечной глубины:	ОПК-2
61. $U(r)=-U_0$;	ОПК-2
62. $U(r)=0$;	ОПК-2
63. Оценить энергию основного состояния используя пробную функцию вида	ОПК-2
64. $\Psi(r)\sim\cos(\pi r/(2R))$;	ОПК-2
65. $\Psi(r)=0$;	ОПК-2
66. Туннельный эффект. Квазиклассическое приближение. Задача о прохождении через барьер.	ОПК-2
67. Какова интенсивность и поляризация выходящих из анализатора Штерна-Герлаха электронных пучков, если падающий пучок поляризован вдоль некоторой оси, не совпадающей с осью анализатора.	ОПК-2
68. Для частицы, находящейся в состоянии Ψ_{lm} с определенными значениями момента l и его проекции m на ось z найти среднее значение проекции момента на ось z' , составляющую угол α с осью z .	ОПК-2
69. С помощью правила Бора-Зоммерфельда найдите уровни энергии в треугольной яме.	ОПК-2
70. Сведение задачи двух тел к движению в центральном поле.	ОПК-2
71. На плоский ротор, имеющий дипольный момент p , наложено однородное электрическое поле, меняющееся по времени $E=E_0 \exp(- t /\tau)$. До включения поля ротор имел определенное значение проекции момента импульса m . Вычислить в первом порядке теории возмущений вероятности измерения различных значений проекции момента импульса и энергии ротора при $t\rightarrow+\infty$.	ОПК-2
72. По теории возмущений найдите поправку к волновым функциям гармонического осциллятора из-за наложения однородного поля. Сравните с точным решением.	ОПК-2
73. Квазиклассическое приближение. Метод Цвана. Правило	ОПК-2

сшивки из классически запрещенной области.	
74. Произвольный линейный оператор L , действующий в пространстве спинных переменных для частиц с $s=1/2$, является квадратной матрицей 2-го ранга. Какие ограничения накладывает эрмитовость оператора L на элементы этой матрицы? Найти собственные значения такого эрмитова оператора.	ОПК-2
75. Покажите, что матрицы Паули антикоммутируют между собой.	ОПК-2
76. Связанные состояния электрона в атоме водорода. Спектр и собственные функции. Выражение для собственных значений энергии. Связь главного и радиального квантовых чисел	ОПК-2
77. Найти энергию и волновую функцию локализованного состояния в потенциале $U(x)=-\alpha\delta(x)$.	ОПК-2
78. Найдите явно нормированные 0 и 1 собственные функции гармонического осциллятора с помощью операторов рождения и уничтожения.	ОПК-2
79. Свободное движение в сферических координатах. Сферические функции Бесселя и их выражения через элементарные функции.	ОПК-2
80. Найти приближенное значение энергии основного состояния частицы в потенциальной яме вида $U(x)=\gamma/ x $, используя пробную функцию $\Psi_\alpha(x)\sim\exp(-\alpha x^2/2)$, где α - вариационный параметр.	ОПК-2
81. Оператор четности. Закон сохранения четности. Связь четности с орбитальным моментом.	ОПК-2
82. Сферический гармонический осциллятор. Решение в декартовой и сферической системе координат. Собственные функции.	ОПК-2
83. Частица находится внутри непроницаемого эллипсоида вращения, т.е. $U(\mathbf{r})=0$;	ОПК-2
84. Оператор орбитального момента. Пространственный симметричный ротатор.	ОПК-2
85. Гармонический осциллятор. Подход операторов рождения и уничтожения. Вычисление собственных функций, нормировок и матричных элементов.	ОПК-2
86. Найти приближенное значение энергии основного состояния частицы в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками используя пробную функцию вида $\Psi(x)\sim x(x-a)$. Сравните результаты с точным решением.	ОПК-2
87. Сферические гармоники. Определения, нормировки. Явные выражения для момента 0 и 1.	ОПК-2

5.2.2. Типовые задания для контрольных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-1

- Дана волновая функция $\psi(x)$. Отнормируйте и нарисуйте график плотности вероятности величины x

$$\psi(x) = \frac{1 + e^{i\pi/4}}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

- Покажите, что при переходе к классике возникает уравнение Гамильтона-Якоби.
- Дана волновая функция $\psi(x)$. Отнормируйте и нарисуйте график плотности вероятности величины x

$$\psi(x) = \cosh^{-1} \alpha(x - x_0)$$

- Покажите, что УШ сохраняет вероятность.

5.2.3. Примерный список домашних заданий для оценки компетенции ОПК-2

○ Примерный список домашних заданий:

- Дана волновая функция $\psi(x)$. Отнормируйте и нарисуйте график плотности вероятности величины x

$$\psi(x) = \frac{1 + e^{i\pi/4}}{\sqrt{x^2 + a^2}}$$

- Покажите, что при переходе к классике возникает уравнение Гамильтона-Якоби.
- Дана волновая функция $\psi(x)$. Отнормируйте и нарисуйте график плотности вероятности величины x

$$\psi(x) = \cosh^{-1} \alpha(x - x_0)$$

- Покажите, что УШ сохраняет вероятность.
- Дана волновая функция $\psi(x)$. Отнормируйте и нарисуйте график плотности вероятности величины x , $\psi(x) = \theta(x + L/2) - \theta(x - L/2)$

- С помощью экспоненциальной регуляризации докажите соотношение
$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp\{ik(x - x')\} \frac{dk}{2\pi} = \delta(x - x')$$
. Запишите его в обозначениях Дирака и дайте интерпретацию двум возможным вариантам записи (число или оператор).

$$\int_{-\infty}^{\infty} p |\psi(p)|^2 dp = \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*(x) \{-i\hbar \nabla\} \psi(x) dx$$

- Докажите, что
- Найдите $\psi(p)$ по данным $\psi(x)$. Найдите связь ширины в x и p представлениях $\psi(x) \propto \theta(x + L/2) - \theta(x - L/2)$
- Найдите $\psi(p)$ по данным $\psi(x)$. Найдите связь ширины в x и p представлениях $\psi(x) \propto \exp\{-u|x|\}$

- Разложите $\delta(x)$ по собственным функциям оператора импульса
- Докажите, что нормировка сохраняется при замене представления

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x)|^2 dx = \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(p)|^2 dp$$

- Найдите $\psi(p)$ по данным $\psi(x)$. Найдите связь ширины в x и p представлениях

$$\psi(x) \propto \exp\left\{-\frac{(x-x')^2}{4b^2} + iux\right\}$$

- Запишите общее решение нестационарного уравнения Шредингера с помощью разложения по стационарным состояниям
- Докажите, что оператор кинетической энергии эрмитов.
- Запишите нестационарное уравнение Шредингера в энергетическом представлении. Найдите его общее решение. Как выглядит оператор \hat{H} в энергетическом представлении
- Найдите стационарные состояния в бесконечно глубокой яме. Найдите силу с которой частица действует на стенку.
 - Литература:
 - Задачи по физике твердого тела, под ред. Г.Дж. Голдсмида, М.: "Наука", 1976г.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Квантовая механика, т. 3, Москва, "Наука", 1989. – 174 экз.
2. Л.Шифф, Квантовая механика, Москва, ИЛ, 1959. – 17 экз.
3. А. С. Давыдов, Квантовая механика, М. Наука, 1973. – 8 экз.

б) дополнительная литература:

1. Р. Фейнман, Лейтон, Сэндс, Фейнмановские лекции по физике (ФЛФ), т. 8-9. 1978. – 24 экз.
2. Э. Ферми, Квантовая механика, М. Мир, 1968. – 22 экз.

Задачники:

1. А.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган, Задачи по квантовой механике. Москва, "Наука", 1981. – 44 экз.
2. З. Флюгге, Задачи по квантовой механике, т. 1,2 М. Мир, 1974. 163/190 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

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 – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 7 августа 2020 г. N 912.

Автор (ы) Курин В.В.

Заведующий кафедрой Бакунов М.И.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета/института от «25» мая 2023 года, протокол № 04/23.