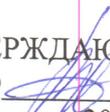


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ  В.А. Небольсин
« 30 » августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Квантовая механика»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Техника и физика низких температур

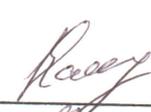
Квалификация выпускника бакалавр

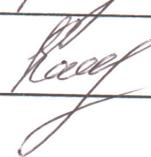
Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2016

Автор программы  /Янченко Л. И. /

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела  / Калинин Ю.Е. /

Руководитель ОПОП  / Калинин Ю.Е. /

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов представлений о квантово-механических закономерностях, лежащих в основе современной физики и ее фундаментальных приложений.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение основных законов и математического аппарата квантовой механики; - формирование навыков применения этих законов для анализа динамики микрочастиц и физических свойств равновесных макроскопических систем; - обучение решению конкретных задач квантовой механики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Квантовая механика» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Квантовая механика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ПК-1 - способностью к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПКВ-7 - готовностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способен привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	Знать основные положения нерелятивистской квантовой механики;
	Уметь пользоваться теоретическими знаниями при анализе разнообразных явлений в твердых телах (полупроводниках, металлах, диэлектриках);
	Владеть навыками проведения качественных теоретических оценок явлений в микромире с позиций квантовой механики.
ПК-1	Знать решение уравнения Шредингера и его

	анализ для случая одномерного движения квантовой частицы в потенциальных полях простой геометрической формы.
	Уметь применять представления о квантовых явлениях, использующихся при создании различных устройств электронной техники.
	Владеть математическим аппаратом квантовой механики;
ПКВ-7	Знать об основных отличиях описания движения в классической механике и квантовой механике;
	Уметь применять знания о свойствах операторов, использующихся для изображения физических величин в квантовой механике, собственных функциях и собственных значениях операторов;
	Владеть теоретическими знаниями, необходимыми для анализа физических явлений в твердых телах

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Квантовая механика» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение

трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия квантовой механики	<p>Значение и задачи курса «Квантовая механика и статистическая физика». Соотношение между классической и квантовой механикой. Корпускулярно-волновой дуализм. Эффект Комптона, фотоэлектрический эффект. Дифракция электронов. Принцип неопределенностей Гейзенберга. Волны де Бройля. Волновая функция. Требования, предъявляемые к волновым функциям в квантовой механике. Плотность распределения вероятности. Нормировка волновой функции. Собственные значения физических величин. Принцип суперпозиции. Собственные функции и собственные значения физических величин. Квазиклассическая волновая функция</p>	6	6	24	36
2	Операторная формулировка квантовой механики	<p>Операторы физических величин. Использование линейных самосопряженных операторов для изображения физических величин в квантовой механике. Собственные функции и собственные значения операторов. Средние значения физических величин. Линейные, эрмитовы операторы. Ортогональность собственных функций эрмитовых операторов. Коммутация операторов. Коммутатор. Основные действия с операторами: сложение и умножение операторов. Непрерывный спектр собственных значений оператора. Элементы теории представлений. Общий метод вычисления вероятностей результатов измерений. Оператор импульса. Оператор</p>	6	6	24	36

		<p>момента импульса в сферической системе координат. Оператор квадрата момента импульса. Собственные функции и собственные значения этих операторов.</p> <p>Оператор Гамильтона (полной энергии).</p> <p>Вид оператора в произвольном представлении.</p> <p>Дифференцирование операторов по времени.</p>				
3	Уравнение Шредингера	<p>Временное уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Вектор плотности потока состояний.</p> <p>Падение частицы на потенциальную ступеньку или барьер. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Коэффициент отражения и коэффициент прохождения. Проявления туннельного эффекта: автоэлектронная эмиссия, ионизация газов в сильном электрическом поле, радиоактивный α-распад..</p> <p>Трехмерный потенциальный барьер. Модель Кронинга-Пенни. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Двумерная потенциальная яма. Одномерная квантовая яма конечной глубины . Собственные функции и уровни энергии..</p> <p>Линейный гармонический осциллятор. Решение уравнения Шредингера для нахождения стационарных состояний осциллятора. Сравнительный анализ поведения классического и квантово-механического гармонического осциллятора. Нулевая энергия. Собственные функции и уровни энергии.</p> <p>Трехмерный гармонический осциллятор .</p> <p>Движение частиц в центрально-симметричном поле. Атом водорода. Решение уравнения Шредингера для</p>	6	6	24	36

		нахождения стационарных состояний водородоподобного атома. Волновая функция атома водорода. Квантовые числа. Вырождение по орбитальному квантовому числу и по магнитному квантовому числу. Кратность вырождения. Магнитные свойства атома водорода. Спин. Волновые функции частицы со спином. Оператор спина. Собственные значения и собственные функции оператора спина				
Итого			18	18	72	108

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

(Решение задач)

1. Операторы в квантовой механике. Собственные функции, значения, нормировка и ортогональность собственных функций. Эрмитовы операторы. Коммутационные соотношения. (4 часа)
2. Уравнение Шредингера. Падение частиц на потенциальную стенку. Частица в потенциальной яме (конечной глубины, симметричной, несимметричной). (6 часов)
3. Теория возмущений. Поправка в первом приближении к энергии частицы в потенциальной яме. Ангармонический осциллятор. (4 часа)
4. Система тождественных частиц. Обменное взаимодействие электронов. Заполнение энергетических уровней. (4 часа)

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	знать ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ нерелятивистской КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ ;	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь ПОЛЬЗОВАТЬСЯ теоретическими знаниями при анализе разнообразных явлений в твердых телах (полупроводниках, металлах, диэлектриках);	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть НАВЫКАМИ проведения качественных теоретических оценок явлений в микромире с позиций квантовой механики.	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	Знать решение уравнения Шредингера и его анализ для случая одномерного движения квантовой частицы в потенциальных полях простой геометрической формы	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять представления о квантовых явлениях, использующихся при создании различных устройств электронной техники.	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть	Тесты, решение задач,	Выполнение работ	Невыполнение

	математическим аппаратом квантовой механики;	ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	в срок, предусмотренный в рабочих программах	работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-7	Знать об основных отличиях описания движения в классической механике и квантовой механике;	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять знания о свойствах операторов, использующихся для изображения физических величин в квантовой механике, собственных функциях и собственных значениях операторов	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть теоретическими знаниями, необходимыми для анализа физических явлений в твердых телах	Тесты, решение задач, ответы на практических занятиях, выполнение самостоятельных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать основные положения нерелятивистской квантовой механики;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь пользоваться теоретическими знаниями при	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве	Задачи не решены

	анализе разнообразных явлений в твердых телах (полупроводниках, металлах, диэлектриках);		верные ответы	получен верный ответ во всех задачах	задач	
	владеть навыками проведения качественных оценок явлений в микромире с позиций квантовой механики.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПКВ-1	Знать решение уравнения Шредингера и его анализ для случая одномерного движения квантовой частицы в потенциальных полях простой геометрической формы	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять представления о квантовых явлениях, использующихся при создании различных устройств электронной техники.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть математическим аппаратом квантовой механики;	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

ПКВ-7	Знать об основных отличиях описания движения в классической механике и квантовой механике;	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять знания о свойствах операторов, используемых для изображения физических величин в квантовой механике, собственных функциях и собственных значениях операторов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть теоретическими знаниями, необходимыми для анализа физических явлений в твердых телах	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Определить длину волны де Бройля для электрона, находящегося в атоме водорода на третьей боровской орбите [1 нм]
2. Ширина следа электрона (обладающего кинетической энергией $T = 1,5$ кэВ) на фотопластинке, полученного с помощью камеры Вильсона, составляет $\Delta x = 1$ мкм. Определить, можно ли по данному следу обнаружить отклонение в движение электрона от законов классической механики [$\Delta p / p_x = 10^{-4}$, нет]
3. Волновая функция, описывающая основное состояние электрона в атоме

водорода, имеет вид $\psi(r) = A e^{-r/a}$, где r – расстояние электрона до ядра; a – первый борковский радиус. Определить наиболее вероятное расстояние r_B электрона до ядра [$r_B = a$]

4. Электрон с энергией $E = 4\text{эВ}$ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10\text{эВ}$ и шириной $l = 0,1$ нм. Определить коэффициент D прозрачности потенциального барьера. $[0,1]$
5. Объяснить, при каких условиях к электронам в металле применима: 1) классическая статистика; 2) квантовая статистика.
6. Электрон находится в бесконечно глубоком прямоугольном одномерном потенциальном ящике шириной l (рис. 46.4). Написать уравнение Шредингера и его решение (в тригонометрической форме) для области II ($0 < x < l$)

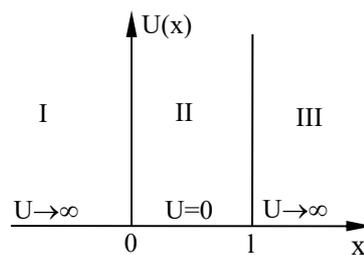


Рис. 46.4.

7. Зная решение уравнения Шредингера для областей I и II потенциального барьера $\psi_I(x) = A_1 e^{ik_1x} + B_1 e^{-ik_1x}$, $\psi_{II}(x) = A_2 e^{ikx}$, определить из условий непрерывности ψ – функций и их первых производных на границе барьера отношение амплитуд вероятности B_1/A_2 и A_2/A_1 .
8. На низкий потенциальный барьер направлен моноэнергетический поток электронов с плотностью потока энергии $J_1 = 10$ Вт/м². Определить плотность потока энергии J_2 электронов, прошедших барьер, если высота его $U_0 = 0,91$ эВ и энергия E электронов в падающем потоке равна 1 эВ.
9. Определить длину волны де Бройля для нейтрона, движущегося со средней квадратичной скоростью при $T = 290$ К. $[148$ пм]
10. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов $U = 1$ кВ. Известно, что неопределенность скорости

составляет 0,1 % от ее числового значения. Определить неопределенность координаты электрона. Является ли электрона в данных условиях квантовой или классической частицей? [$\Delta x = 38,8$ нм]

(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Волновая функция, описывающая некоторую частицу, имеет вид $\psi(r) = A e^{-r^2 / (2a^2)}$, где r - расстояние частицы от силового центра; a - некоторая постоянная. Определить наиболее вероятное расстояние r_B частицы до силового центра. [$r_B = a$].
2. Прямоугольный потенциальный барьер имеет ширину $l = 0,1$ нм. Определить в электрон-вольтах разность энергий $U - E$, при которой вероятность прохождения электрона сквозь барьер составит 0,5. [0,454 эВ]
3. Объяснить, при каких условиях можно принять статистику Максвелла - Больцмана к электронам в металле. Пользуясь распределением Ферми - Дирака, получить распределение Максвелла - Больцмана.
4. Известна волновая функция, описывающая состояние электрона в потенциальном ящике шириной l : $\psi(x) = C_1 \sin kx + C_2 \cos kx$. Используя граничные условия $\psi(0) = 0$ и $\psi(l) = 0$, определить коэффициент C_2 и возможные значения волнового вектора k , при котором существуют нетривиальные решения.
5. Зная отношение амплитуд вероятности $\frac{B_1}{A_1} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$ для волны, отраженной от барьера, и $\frac{A_2}{A_1} = \frac{2k_1}{k_1 + k_2}$ для проходящей волны, найти выражение для коэффициента отражения ρ и коэффициента прохождения τ .
6. Моноэнергетический поток электронов падает на низкий потенциальный барьер (см. рис. 46.1). Коэффициент прохождения $\tau = 0,9$. Определить отношение J_2 / J_1 плотности потока энергии волны, прошедшей барьер, к плотности потока энергии волны, падающей на барьер.

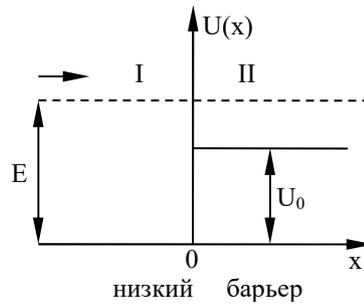


Рис.46.1.

7. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 15$ мТл по окружности радиусом $R = 1,4$ м. Определить длину волны де Бройля для протона. $[0,197$ пм].
8. Определить отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до 10^{-5} м, и пылинки массой $m = 10^{-12}$ кг, если ее координата установлена с такой же точностью. $[1,1 \cdot 10^{18}]$.
9. Записать уравнение Шредингера для стационарных состояний электрона, находящегося в атоме водорода.

10. Протон с энергией $E = 5$ эВ движется в положительном направлении оси x , встречая на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 10$ эВ и шириной $l = 0,1$ нм. Определить: 1) вероятность прохождения протоном этого барьера; 2) во сколько раз надо сузить барьер, чтобы вероятность прохождения его протоном была такой же, как для электрона при вышеприведенных условиях. $[1) 1,67 \cdot 10^{-43}; 2) в 42,9$ раза].

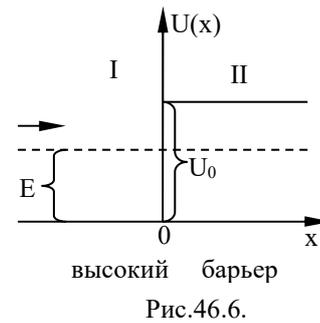
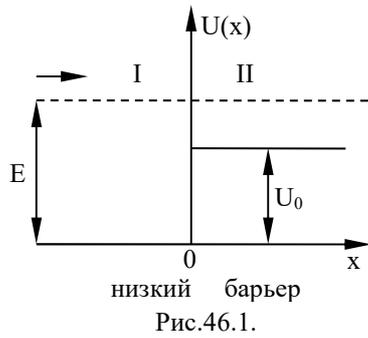
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить функцию распределения для электронов, находящихся на энергетическом уровне E для случая $E - E_F \ll kT$, пользуясь: 1) статистикой Ферми - Дирака; 2) статистикой Максвелла - Больцмана. $[1) 1/2; 2) 1]$.
2. Электрону в потенциальном ящике шириной l отвечает волновое число $k = \pi n / l$ ($n = 1, 2, 3, \dots$). Используя связь энергии E электрона с волновым числом k , получить выражение для собственных значений энергии E_n .
3. Считая выражение для коэффициента отражения ρ от потенциального барьера и коэффициента прохождения τ известным, показать, что $\rho + \tau = 1$.
4. На низкий потенциальный барьер падает моноэнергетический поток

электронов. Концентрация n_0 электронов в падающем потоке равна 10^9 мм^{-3} , а их энергия $E = 100 \text{ эВ}$. Определить давление, которое испытывает барьер, если его высота $U_0 = 9,7 \text{ эВ}$.

5. Определить какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля λ для него была равна 1 нм . [$0,821 \text{ мВ}$].
6. Электронный пучок выходит из электронной пушки под действием разности потенциалов $U = 200 \text{ В}$. Определить, можно ли одновременно измерить траекторию электрона с точностью до 100 пм (с точностью порядка диаметра атома) и его скорость с точностью до 10% . [$m\Delta v\Delta x < h$; нет].
7. Записать одномерное уравнение Шредингера (для стационарных состояний) для частицы, движущейся под действием квазиупругой силы.
8. Прямоугольный потенциальный барьер имеет ширину $l = 0,1 \text{ нм}$. Разность между высотой потенциального барьера и энергией движущегося в положительном направлении оси x электрона $U - E = 5 \text{ эВ}$. Определить, во сколько раз изменится коэффициент D прозрачности потенциального барьера для электрона, если разность $U - E$ возрастет в 4 раза. [Уменьшится в 10 раз].
9. Определить функцию распределения Ферми-Дирака при $T \neq 0$ для электронов, находящихся на уровне Ферми. Объяснить полученный результат. [$\langle N(E) \rangle = 1/2$].
10. Частица находится в потенциальном ящике. Найти отношение разности соседних энергетических уровней ΔE_{n+1} к энергии E_n частицы в трех случаях: 1) $n = 3$; 2) $n = 10$; 3) $n \rightarrow \infty$. Пояснить полученные результаты.
11. Электрон с энергией $E = 25 \text{ эВ}$ встречает на своем пути потенциальный барьер высотой $U_0 = 9 \text{ эВ}$ (см. рис.46.1). Определить коэффициент преломления n волн де Бройля на границе барьера.



12. Написать уравнение Шредингера и найти его решение для электрона, движущегося в положительном направлении оси x для областей I и II (рис. 46.6), если на границе этих областей имеется потенциальный барьер высотой U_0 .

(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

- 1 Дуализм волн и частиц и принцип неопределенностей Гейзенберга.
2. Волны де Бройля.
3. Волновая функция. Собственные значения физических величин. Принцип суперпозиции.
4. Собственные функции и собственные значения физических величин.
5. Операторы. Средние значения физических величин.
6. Сложение и умножение операторов.
7. Непрерывный спектр собственных значений оператора.
8. Элементы теории представлений.
9. Оператор импульса.
10. Оператор момента импульса.
11. Оператор квадрата момента импульса.
12. Оператор Гамильтона.
13. Вид оператора в произвольном представлении.
14. Дифференцирование операторов во времени.
15. Стационарные состояния.

16. Уравнение Шредингера.
17. Вектор плотности потока состояний.
18. Падение частицы на потенциальную ступеньку.
19. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
20. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.
21. Двумерная потенциальная яма.
22. Одномерная квантовая яма конечной глубины.
23. Линейный гармонический осциллятор.
24. Атом водорода.
25. Спин. Волновые функции частицы со спином.
26. Оператор спина. Собственные значения и собственные функции оператора спина.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
 Не предусмотрено учебным планом

Укажите вопросы для экзамена

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия квантовой	ОПК-2, ПК-1,	Тест, контрольная

	механики	ПКВ-7	работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Операторная формулировка квантовой механики	ОПК-2, ПК-1, ПКВ-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Уравнение Шредингера	ОПК-2, ПК-1, ПКВ-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие: Для вузов. В 10 т. Т.III. Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит., 2002.

2. И.М. Шушлебин, Л.И. Янченко Учебное пособие «Квантовая механика в задачах и вопросах» для практических занятий по дисциплине «Квантовая механика» для студентов направления 16.03.01 «Техническая

физика» (направленность «Физическая электроника»), направление 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (направленность «Техника и физика низких температур»), направление 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (направленность «Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения Печ. ФГБОУ ВО "Воронежский государствен-ный технический университет Воронеж, 2018, 83 с.

Укажите учебную литературу

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Автоматизированный измерительный комплекс сбора и предварительной обработки экспериментальных данных

Графическая обработка экспериментальных данных Origin 8.0

Укажите перечень информационных технологий

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Учебно-научная лаборатория “Нанотехнологии и наноматериалы”.
3. Учебно-научная лаборатория “Технология материалов электронной техники”.
4. Учебно-научная лаборатория “Физических методов исследования”.
Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами

Укажите материально-техническую базу

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Квантовая механика» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета волновых функций квантовых частиц из уравнения Шредингера. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны

своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- выполнение домашних заданий и расчетов;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.