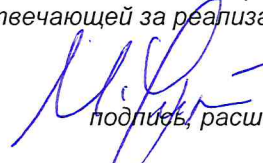


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
теоретической физики
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

 (Фролов М.В.)
подпись, расшифровка подписи

02.07.2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.12 – Квантовая механика и статистическая физика

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

11.03.04 – электроника и нанoeлектроника

2. Профиль подготовки/специализация: Интегральная электроника и

нанoeлектроника; Нанотехнология в электронике

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная (дневная)

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0802 – теоретической физики

6. Составители программы: Саранцева Татьяна Сергеевна

ФИО

к.ф.-м.н.

ученая степень

Sarantseva ts@phys.vsu.ru

e-mail

теоретической физики

Кафедра

ученое звание

Физический

Факультет

7. Рекомендована: НМС физического факультета от 27.06.2018 г. протокол № 6

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: 2019–2020, 2020-2021

Семестр(ы): 4–5

9. Цели и задачи учебной дисциплины: основной целью дисциплины "Квантовая механика и статистическая физика" является формирование у студентов ясной физической картины явлений, происходящих как на микроскопическом, так и на макроскопическом уровне, а также понимание взаимной связи между указанными классами явлений. В ходе изучения дисциплины студент должен овладеть основными математическими методами и приемами теоретической физики, приобрести навыки решения практических задач в разделах квантовой механики, термодинамики и статистической физики.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Является дисциплиной базовой части Б1.Б. Курс знакомит студентов с современными методами и подходами теоретической физики на примере разделов нерелятивистская квантовая механика и статистическая физика. Для освоения курса необходимо использовать материал всех математических дисциплин базовой части «Математика», а также дисциплин базовой части «Физика». В свою очередь, материал курса Б1.Б.12 «Квантовая механика и статистическая физика» необходим для изучения обязательных дисциплин вариативной части «Кристаллография и кристаллофизика» и «Физика конденсированного состояния».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Обладает способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	<p>знать: основные положения и методы нерелятивистской квантовой механики и статистической физики;</p> <p>уметь: использовать в профессиональной деятельности знания о свойствах микро- и макросистем, а также методах их исследования, применять полученные знания для освоения профильных дисциплин и решения профессиональных задач;</p>
ОПК-2	Обладает способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 7 / 252.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) зачет, экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			4	5	
Аудиторные занятия					
в том числе: лекции	70		34	36	
Практические	70		34	36	
Лабораторные					
самостоятельная работа	76		40	36	
Контроль	36		0	36	
форма промежуточной аттестации	экзамен		зачет	экзамен	
Итого:	252		108	144	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение. Понятие волновой функции. Операторы физических величин и их свойства.	Экспериментальные предпосылки, приведшие к возникновению квантовой теории. Квантовые состояния. Волна Де-Бройля. Волновая функция: физический смысл, основные свойства. Принцип суперпозиции. Операторы физических величин. Алгебра операторов. Понятие самосопряженного (эрмитова) оператора. Собственные значения и собственные функции операторов. Свойства собственных значений и собственных функций линейных эрмитовых операторов. Условие совместной измеримости физических величин. Соотношение неопределенностей.
1.2	Нестационарное уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Элементы теории представлений.	Нестационарное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния. Свойства стационарных состояний. Интегралы движения. Стационарное уравнение Шредингера в координатном и импульсном представлении.
1.3	Точно решаемые задачи. Одномерные задачи. Движение в центральном поле	Одномерные задачи. Прямоугольная квантовая яма. Линейный гармонический осциллятор. Движение в пространственно-периодическом потенциале (гребенка Дирака). Общая теория движения в центральном поле. Собственные функции и собственные значения операторов квадрата углового момента и его проекции. Разделение переменных в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера. Общие свойства решения. Токи в атомах. Магнетон Бора. Атом водорода.
1.4	Приближенные методы квантовой механики. Квазиклассическое приближение. Стационарная теория возмущений	Понятие действия. Метод ВКБ. Формула квантования Бора–Зоммерфельда. Прохождение микрочастиц сквозь потенциальный барьер в квазиклассическом приближении. Стационарная теория возмущений для невырожденных уровней. Условия применимости. Теория возмущений при наличии вырождения (для близких уровней).
1.5	Теория квантовых переходов. Нерелятивистская теория излучения	Теория квантовых переходов для возмущений, действующих в течение конечного промежутка времени. Теория квантовых переходов для гармонических возмущений. "Золотое" правило Ферми. Гамильтониан заряженной микрочастицы в электромагнитном поле. Случай слабого поля. Монохроматическая волна. Поглощение и вынужденное электромагнитное излучение света атомами. Длинноволновое приближение. Правила отбора для электрического дипольного излучения.
1.6	Нерелятивистская теория спина электрона	Спиновый момент электрона. Матричная форма операторов. Матрицы Паули. Волновые функции спиновых состояний. Спиноры. Уравнение Паули. Эффект Зеемана.

1.7	Теория многих частиц	Уравнение Шредингера для системы тождественных частиц. Симметрия волновой функции. Связь со спином. Принцип Паули. Метод Хартри-Фока. Теория атома гелия. Основное состояние. Возбужденные состояния. Кулоновское и обменное кулоновское взаимодействие. Триpletный и синглетный гелий.
1.8	Основные понятия термодинамики	Понятие температуры. Первое и второе начала термодинамики. Метод термодинамических потенциалов. Свободная энергия. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Термодинамика систем с переменным числом частиц.
1.9	Основные представления статистической физики	Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Эргодическая гипотеза.
1.10	Статистическая физика классических систем	Микроканоническое распределение. Связь энтропии и вероятности. Каноническое распределение. Идеальный газ. Распределение Максвелла и Больцмана. Большое каноническое распределение. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Теория фазовых переходов 1го и 2го рода.
1.11	Статистическая физика квантовых систем	Квантовое каноническое распределение. Распределение Ферми-Дирака. Температура вырождения. Вырожденный электронный газ. Электронная теплоемкость металлов. Распределение Бозе-Эйнштейна. Явление бозе-конденсации. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка.
2. Практические занятия		
2.1	Введение. Волновая функция. Операторы физических величин и их свойства	Волновая функция. Вероятностная интерпретация. Нормировка. Средние значения физических величин. Алгебра операторов. Собственные значения и собственные функции операторов. Соотношение неопределенностей.
2.2	Нестационарное уравнение Шредингера.	Временная эволюция квантовой системы.
2.3	Одномерные задачи. Центральное поле	Прямоугольная потенциальная яма. Линейный гармонический осциллятор, спектр энергий, волновые функции стационарных состояний. Атом водорода. Средние значения физических величин в стационарных состояниях.
2.4	Приближенное решение стационарных задач. Квазиклассическое приближение.	Формула квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение микрочастиц сквозь потенциальный барьер в квазиклассическом приближении. Стационарная теория возмущений для невырожденных уровней. Теория возмущений при наличии вырождения.
2.5	Теория квантовых переходов.	Теория квантовых переходов для возмущений, действующих в течение конечного промежутка времени. Теория квантовых переходов для гармонических возмущений. "Золотое" правило Ферми. Поглощение и вынужденное электромагнитное излучение света атомами. Длинноволновое приближение. Правила отбора для электрического дипольного излучения. Время жизни атомов.
2.6	Нерелятивистская теория спина электрона	Спиновый момент электрона. Матрицы Паули. Волновые функции спиновых состояний.
2.7	Описание систем тождественных частиц	Теория атома гелия. Основное и возбужденное состояния.
2.8	Основы термодинамики	Первое и второе начало термодинамики. Метод Циклов. Метод термодинамических потенциалов.
2.9	Основные методы статистической физики	Фазовое пространство. Фазовый объем. Фазовая траектория. Теорема Лиувилля.
2.10	Статистическая физика классических систем	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение. Идеальный газ. Распределение Больцмана и Максвелла.
2.11	Статистическая физика квантовых систем	Квантовое каноническое распределение. Распределение Ферми-Дирака. Температура вырождения. Вырожденный ферми-газ. Распределение Бозе-Эйнштейна. Температура бозе-конденсации. Распределение Планка.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
4 семестр						
1	Введение.	6	6		6	18
2	Временная эволюция квантовой системы	4	4		6	14
3	Точно решаемые задачи	6	6		8	20
4	Приближенные методы квантовой механики	6	6		8	20
5	Теория квантовых переходов.	6	6		6	18
6	Нерелятивистская теория спина	6	6		6	18
5 семестр						
7	Описание систем тождественных частиц	7	7		7	21
8	Основы термодинамики	7	7		7	21
9	Основные методы статистической физики	6	6		6	18
10	Статистическая физика классических систем	8	8		8	24
11	Статистическая физика квантовых систем	8	8		8	24
	Итого:	70	70		76	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Необходимо строго следовать рекомендациям преподавателя по изучению материала. Систематически выполнять задания, предлагаемые преподавателем.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Давыдов, А.С. Квантовая механика / А.С. Давыдов. — СПб: БХВ–Петербург, 2014. — 703 с.
2	Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. III: Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматлит, 2015. — 800 с.
3	Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 420 с. — <URL: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=226 >

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Копытин, И.В. Квантовая теория: курс лекций для вузов ч.2/ А.С.Корнев, Н.Л.Манаков, М.В.Фролов – издательско-полиграфический центр ВГУ, 2008 – 88 с. http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-189.pdf
5	Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 420 с. — <URL: http://lanbook.lib.vsu.ru/books/element.php?pl1_id=226 >
6	Галицкий, В.М. Задачи по квантовой механике : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 2 ч. / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. — М. : Едиториал УРСС, 2001.

7	Балашов, В.В. Курс квантовой механики : Учебное пособие для студ. физ.фак. Ч. 1 / В.В. Балашов, В.К. Долинов .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974 .— 379 с.
8	Балашов, В.В. Курс квантовой механики : Учебное пособие для студ. физ.фак. Ч. 2 / В.В. Балашов, В.К. Долинов .— М. : Изд-во Моск. ун-та, 1978 .— 196 с.
9	Соколов А.А. Квантовая механика / А.А. Соколов, И.М. Тернов, В.Ч. Жуковский .— М. : Наука : Физматлит, 1979 .— 528 с.
10	Флюгге, З. Задачи по квантовой механике : в 2 ч. / З. Хакен ; пер. с англ. Б.А. Лысова; под ред. А.А. Соколова .— Череповец : Меркурий-Пресс, 2000.
11	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т. III: Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М.: Физматлит, 2001. — 803 с.
12	Блохинцев, Д.И. Основы квантовой механики / Д.И. Блохинцев. — СПб: Лань, 2004. — 664 с.
13	Базаров И.П. Термодинамика / И.П. Базаров. – М.: Высш. шк., 1991. – 376 с.
14	Ландау Л.Д. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 2001. – 613 с.
15	Румер Ю.Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. – Новосибирск: Изд-во Новосибирск. ун-та, 2000. – 608 с.
16	Терлецкий Я.П. Статистическая физика / Я.П. Терлецкий. – М.: Высш. шк., 1994. – 350 с.
17	Сборник задач по теоретической физике / Л.Г. Гречко, В.И. Сугаков, О.Ф. Томасевич и др. – М.:Высш. шк., 1972. – 336 с.
18	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 1: Теория равновесных систем. Термодинамика / И.А. Квасников. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
19	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 2: Теория равновесных систем. Статистическая физика / И.А. Квасников. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 432 с.
20	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 3: Теория неравновесных систем / И.А. Квасников. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 448 с.
21	Кубо Р. Статистическая механика / Р. Кубо. – М.: Мир, 1967. – 452 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
22	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m14-154.pdf
23	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-11.pdf
24	http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-121.pdf

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория, электронные средства презентации, доска, учебная литература, дисплейный класс.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 Обладает способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Знать: основные положения и уравнения теоретической физики из разделов квантовая механика и статистическая физика	Разделы 1–8	Пакет КИМ № 1
	Уметь: решать типовые задачи теоретической физики из разделов квантовая механика и статистическая физика	Разделы 1–8	Пакет КИМ № 1
	Владеть: необходимым математическим аппаратом для решения задач теоретической физики из разделов квантовая механика и статистическая физика	Разделы 1–8	Пакет КИМ № 1
ОПК-2 Обладает способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать:		
	Уметь:		
	Владеть:		
Промежуточная аттестация			Пакет КИМ № 1

* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Овладение основными понятиями и постулатами квантовой механики и статистической физики. Понимание отличия квантового описания движения от классического. Понимание отличия описания систем с малым и большим числом частиц. Умение решать типовые задачи и применять их результаты для описания свойств реальных физических систем и объяснения важнейших эффектов.

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено. Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся знает основные положения и уравнения предложенного раздела, допускает погрешности, способен скорректировать работу под руководством преподавателя</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Обучающийся не знает основные положения и уравнения предложенного раздела, неспособен скорректировать работу под руководством преподавателя</i>	–	<i>Не зачтено</i>
<i>Критерии оценивания компетенций</i>	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Подробные и безошибочные ответы на основные и дополнительные вопросы, полное понимание и свободное владение материалом, полное и развернутое решение задач предложенного раздела.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Подробные ответы на поставленные вопросы с мелкими ошибками, незначительные пробелы в знании материала, развернутое решение задач предложенного раздела с незначительными вычислительными ошибками и неточностями.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Неудовлетворительные ответы на один из основных вопросов КИМа и некоторые дополнительные вопросы, неполное знание или понимание материала, неполное или неточное решение задач предложенного раздела.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Плохое знание материала, неудовлетворительные ответы на вопросы КИМа и большинство дополнительных вопросов, некорректное решение нескольких задач предложенного раздела</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Пакет КИМ № 1

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Основные постулаты квантовой механики. Волновая функция.
2. Операторы физических величин. Свойства собственных чисел и собственных функций эрмитова оператора.
3. Временная эволюция квантовой системы. Нестационарное уравнение Шредингера.
4. Стационарные состояния квантовой системы. Стационарное уравнение Шредингера. Интегралы состояния.

5. Одномерное движение. Прямоугольная потенциальная яма.
6. Одномерное движение. Движение в пространственно-периодическом потенциале.
7. Линейный гармонический осциллятор
8. Движение в центральном поле. Операторы L^2 и L_z . Радиальное уравнение Шредингера.
9. Движение в центральном поле. Движение свободной частицы
10. Атом водорода.
11. Токи в атомах. Магнетон Бора.
12. Квазиклассическое приближение
13. Стационарная теория возмущений
14. Нестационарная теория возмущений. Взаимодействие с электромагнитным полем. Дипольное приближение.
15. Нерелятивистская теория спина. Уравнение Паули.
16. Термодинамический и статистический способы описания макросистем.
17. Первое и второе начало термодинамики. Метод термодинамических потенциалов.
18. Термодинамика диэлектриков и магнетиков.
19. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Эргодическая гипотеза.
20. Микроканоническое распределение.
21. Каноническое распределение Гиббса.
22. Классический идеальный газ. Распределение Максвелла-Больцмана.
23. Большое каноническое распределение. Квантовое каноническое распределение.
24. Теории теплоёмкости твёрдых тел Эйнштейна и Дебая.
25. Распределение Ферми-Дирака
26. Распределение Бозе-Эйнштейна.
27. Свойства вырожденного ферми-газа.
28. Свойства вырожденного бозе-газа. Бозе-конденсация.
29. Фотонный газ. Законы равновесного излучения. Распределение Планка.

19.3.2 Перечень практических заданий

19.3.4 Тестовые задания

Перечень вопросов к зачету

- Физический смысл волновой функции.
- Условие нормировки волновых функций дискретного спектра.
- Условие нормировки волновых функций непрерывного спектра.
- Условие сшивки волновых функций.
- Явный вид оператора импульса.
- Собственная функция оператора импульса (плоская волна, волна Де-Бройля).
- Среднее значение физической величины.
- Условие ортонормированности собственных функций эрмитова оператора.
- Условие полноты собственных функций эрмитова оператора.
- Нестационарное уравнение Шредингера.
- Уравнение непрерывности.
- Стационарное уравнение Шредингера.
- Общий вид волновой функции стационарного состояния.
- Спектр линейного гармонического осциллятора.
- Общий вид волновой функции линейного гармонического осциллятора.
- Явный вид операторов L^2 и L_z .
- Собственные функции и собственные числа операторов L^2 и L_z .
- Общий вид волновой функции в центральном поле.
- Спектр атома водорода.
- Общий вид волновой функций связанных состояний атома водорода.
- Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
- Вероятности туннелирования с квазиклассической точностью.
- Поправки 1го и 2го порядка теории возмущений к энергии изолированного уровня.

Золотое правило Ферми.

Вид оператора взаимодействия системы с внешним электромагнитным полем (точный).

Дипольное приближение. Вид оператора взаимодействия системы с электромагнитным полем в калибровке скорости и в калибровке длины.

Дипольные правила отбора.

Чему равен спин электрона. Какие значения может принимать проекция спина электрона.

Чему равен спин фотона. Какие значения может принимать проекция спина фотона.

Уравнение Паули.

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

Пример варианта контрольной работы 1

1. Дана волновая функция $\Psi(x) = A x e^{-\alpha x^2}$, где $-\infty < x < \infty$, постоянная $\alpha > 0$.

$$A = 2 \sqrt{\frac{\alpha}{\sqrt{\pi}}}$$

Найти нормировочную постоянную А. Ответ:

2. Вычислить коммутатор $[\hat{L}_y, x^2]$. Ответ: $-2i\hbar xz$.

3. Частицы налетают слева на прямоугольную потенциальную ступеньку, изображенную на рисунке. Определить коэффициент отражения R для случая $E > U_0$.

$$R = \left(\frac{\sqrt{E} - \sqrt{E - U_0}}{\sqrt{E} + \sqrt{E - U_0}} \right)^2$$

Ответ:

Пример варианта контрольной работы 2

1. Для частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме ширины а ($0 < x < a$)

найти средние значения $\langle x \rangle$ и $\langle p_x^2 \rangle$.

$$\langle x \rangle = \frac{a}{2}, \quad \langle p_x^2 \rangle = \left(\frac{\pi \hbar n}{a} \right)^2$$

Ответ:

2. На частицу из предыдущей задачи наложено возмущение

$$V(x) = \alpha \cdot \delta\left(x - \frac{a}{2}\right)$$

Найти сдвиг энергетических уровней в первом порядке теории возмущений.

Ответ: $E^{(1)} = 2\alpha/a$ при нечетных n , остальные нули.

3. Линейный гармонический осциллятор с массой μ , частотой ω и зарядом e находился при $t \rightarrow -\infty$ в состоянии $|n\rangle$. Он подвергается воздействию внешнего поля (вдоль оси x) напряженностью:

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 \exp\left(-\frac{t^2}{\tau^2}\right)$$

Найти в первом порядке теории возмущений вероятность обнаружить осциллятор в состоянии $|n-1\rangle$.

$$W_{fi} = \frac{e^2 \varepsilon_0^2}{2\mu\hbar\omega} \pi\tau^2 e^{-\omega^2\tau^2/2} n$$

Ответ:

Пример варианта контрольной работы 3

1. Найти количество теплоты, получаемое одним молекул газа Бертелло при изохорном нагревании от температуры T_1 до температуры T_2 . Зависимость изохорной теплоемкости от температуры

$$C_v = C_v^0 + \frac{2a}{VT^2}$$

считать известной

2. Газ, состоящий из N независимых линейных гармонических осцилляторов массой m , частотой ω находится при температуре T . Найти интеграл состояния и выражение для внутренней энергии (расчет проводить в сферической системе координат).

3. Идеальный газ, состоящий из молекул массой m , находится внутри бесконечного параболоида вращения (форма границы параболоида задается уравнением $z = \alpha r^2$), помещенного в однородное поле тяготения. Записать нормированное распределение Больцмана. Найти среднее и наиболее вероятное положение молекул в сосуде.

4. Найти зависимость от температуры химического потенциала $\mu(T)$ и внутренней энергии $U(T)$ для вырожденного ультрарелятивистского Ферми-газа.

5. Найти температуру бозе-конденсации для слаборелятивистского бозе-газа с точностью до членов $1/c^2$.

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме письменной контрольной работы. Контрольно-измерительные материалы текущей аттестации включают задания для контрольных работ, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок.

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация проводится в форме письменного тестирования (зачет) и индивидуального устного опроса (экзамен). Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы и тестовые задания, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественная (экзамен) и качественная (зачет) шкалы оценок.

Критерии оценивания приведены выше.