

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:44

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Квантовая теория твердого тела

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108

в том числе:

аудиторные занятия 34

самостоятельная работа 74

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 10

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., доц., Карпенков Дмитрий Юрьевич

Рабочая программа

Квантовая теория твердого тела

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Кузнецов Денис Валерьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Изучение базовых основных понятий и идей квантовой физики твердого тела. Изучить наиболее распространенные и эффективные на сегодняшний день теоретические модели и области их применения
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.34
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.1.2	Биофизика	
2.1.3	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.1.4	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.5	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.6	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.1.7	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.8	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.9	Основы научно-технического перевода	
2.1.10	Практика научно-технического перевода и редактирования	
2.1.11	Тензорные методы в кристаллофизике	
2.1.12	Технология получения кристаллов	
2.1.13	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов	
2.1.14	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.1.15	Функциональные наноматериалы	
2.1.16	Химия и технология полимерных материалов	
2.1.17	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.18	Композиционные материалы	
2.1.19	Конструирование композиционных материалов	
2.1.20	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.21	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.22	Специальные сплавы	
2.1.23	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.24	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.25	Атомное строение фаз	
2.1.26	Биохимия наноматериалов	
2.1.27	Инженерия поверхности	
2.1.28	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.29	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.30	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.31	Наноматериалы	
2.1.32	Сверхтвердые материалы	
2.1.33	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.1.34	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.35	Физика магнитных явлений	
2.1.36	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.37	Физика прочности	
2.1.38	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.39	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.40	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.41	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.42	Материаловедение	
2.1.43	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.44	Металловедение инновационных материалов	
2.1.45	Методы исследования материалов	
2.1.46	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	

2.1.47	Метрология и технические измерения функциональных материалов
2.1.48	Метрология, стандартизация и технические измерения
2.1.49	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике
2.1.50	Основы материаловедения и методов исследования материалов
2.1.51	Разработка новых материалов
2.1.52	Фазовые равновесия и дефекты структуры
2.1.53	Физика диэлектриков
2.1.54	Физика полупроводников
2.1.55	Введение в квантовую теорию твердого тела
2.1.56	Дефекты кристаллической решетки
2.1.57	Компьютеризация эксперимента
2.1.58	Материалы альтернативной энергетики
2.1.59	Материалы наукоемких технологий
2.1.60	Основы дизайна металлических материалов
2.1.61	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.62	Планирование научного эксперимента
2.1.63	Современные проблемы материаловедения
2.1.64	Теория поверхностных явлений
2.1.65	Теория симметрии
2.1.66	Электроника
2.1.67	Кристаллография
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.2	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.3	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.4	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.5	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.6	Менеджмент качества
2.2.7	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.8	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.9	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.10	Методология научных исследований
2.2.11	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.12	Основы клеточной биологии
2.2.13	Оформление результатов научной деятельности
2.2.14	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.15	Симметрия наносистем
2.2.16	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.17	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.18	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.19	Управление коллективами
2.2.20	Управление проектами
2.2.21	Химические основы биологических процессов
2.2.22	Цифровое материаловедение
2.2.23	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.25	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.26	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.27	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.28	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.29	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.30	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

2.2.31	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
--------	---

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Знать:

ПК-1-31 основные направления, тенденции, проблемы и достижения в области физики конденсированного состояния и физического материаловедения;

Уметь:

ПК-1-У1 ориентироваться в современных направлениях физики конденсированного состояния вещества

Владеть:

ПК-1-В1 организационноуправленческими навыками при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Кристаллические решетки. Общая теория. Применение теории.							
1.1	Введение. Примеры структур. Динамическая задача. Адиабатическое приближение. Равновесие. Типы связи. Колебания атомов. Классическая механика. Линейная цепочка. Общее решение. Свойства нормальных колебаний. Замечание об упругих постоянных. Квантовая теория. /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.9 Л1.12Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.2			
1.2	Построения поверхностей по заданным индексам Миллера. Решение задач на определение кристаллографических направлений и характерных расстояний. /Пр/	10	2	ПК-1-У1	Л1.16 Л1.1 Л1.15Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.2			

1.3	Работа с лекционным материалом: Кристаллическая структура твердых тел и их форма. Трансляции и кристаллическая решетка. Операции симметрии. Элементарная ячейка. Основные типы кристаллических решеток. Решетки Браве. Типы межатомных связей Вандерваальсово взаимодействие. Ковалентная связь. Ионная связь. Водородная связь. Металлическая связь. Классификация твердых тел по типам связи. /Ср/	10	12	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.16 Л1.9Л2.4 Л2.5 Л2.6Л3.2			
1.4	Теплоемкость. Ангармонические члены. Температурное расширение. Линейный член в теплоемкости. Теплопроводность. Уравнение Больцмана. Высокие температуры Примеси и влияние размеров. /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.1			
1.5	Решение задач на темы: теплоемкость и теплопроводность. /Пр/	10	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.2			
	Раздел 2. Взаимодействие света с непроводящими кристаллами.							
2.1	Постановка задачи. Инфракрасное поглощение. Дифракция рентгеновских лучей. Влияние колебаний атомов. Рассеяние света. Рассеяние нейтронов. /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.16 Л1.2 Л1.3Л2.2Л3.2			
2.2	Применение рентгенографии для решения задач качественного и количественного анализа кристаллов. /Пр/	10	3	ПК-1-У1	Л1.16 Л1.1 Л1.14Л2.6Л3.2			
2.3	Работа с лекционным материалом: Формулировка Брэгга и Лауэ. Условие Лауэ и построение Эвальда. Экспериментальные методы. Влияние колебаний атомов. Рассеяние света. Рассеяние нейтронов. /Ср/	10	12	ПК-1-В1	Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.6Л3.2			
	Раздел 3. Электроны в идеальной решетке.							
3.1	Теорема Блоха. Сильная связь. Почти свободные электроны. Система многих электронов. Статистика. Теплоемкость. /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.7Л1.16 Л1.1 Л2.6Л3.2			

3.2	Доказательство теоремы Блоха. Использование граничного условия Борна-Кармана. Поверхность Ферми. /Пр/	10	2	ПК-1-У1	Л1.16 Л1.1 Л1.14 Л1.15Л2.4Л3 .2			
3.3	Работа с лекционным материалом: Теорема Блоха. Сильная связь. Почти свободные электроны. Система многих электронов. Статистика. Теплоемкость. /Ср/	10	12	ПК-1-В1	Л1.16 Л1.1 Л1.1 Л1.11 Л1.14Л2.6Л3 .2			
Раздел 4. Полупроводники и люминесценция.								
4.1	Полупроводники. Электрические свойства. Градиенты плотности и пространственный заряд. Выпрямляющие контакты. Электроны в неравновесном состоянии. /Лек/	10	4	ПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.4Л2.4 Л2.5Л3.2			
4.2	Работа с лекционным материалом: Полупроводники. Электрические свойства. Градиенты плотности и пространственный заряд. Выпрямляющие контакты. Электроны в неравновесном состоянии. /Ср/	10	13	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.10 Л1.11 Л1.15Л2.5Л3 .2			
4.3	Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Плотность состояний. Концентрация электронов и дырок в зонах. Концентрация электронов и дырок на локальных уровнях. Вольтамперная характеристика p-n – перехода. /Пр/	10	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1		КМ2	
Раздел 5. Взаимодействие света с электронами в твердых телах.								
5.1	Классическая теория. Переходы электронов между энергетическими уровнями. Фотоэффект. Непроводящие кристаллы. /Лек/	10	3	ПК-1-31	Л1.5 Л1.6 Л1.8Л2.4Л3. .2			
5.2	Решение задач на темы: переходов электронов между энергетическими уровнями и фотоэффекта. /Пр/	10	2	ПК-1-У1	Л1.5 Л1.6Л2.6Л3. .2			
5.3	Работа с лекционным материалом: Переходы между энергетическими уровнями. Фотоэффект. Непроводящие кристаллы. /Ср/	10	12	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.5 Л1.6 Л1.8Л2.4Л3. .2		КМ3	
Раздел 6. Магнитные свойства металлов. Ферромагнетизм.								

6.1	Парамагнетизм. Диамагнетизм свободных электронов. Эффект Холла и сопротивление в магнитном поле. Модель Вейсса. Теория спиновых волн. Спиновые волны и ферромагнетизм. Рассеяние нейтронов. Антиферромагнетизм. /Лек /	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.12Л2.5Л3 .2			
6.2	Влияние периодического поля. Одномерный случай в теории спиновых волн. Модель коллективизированных электронов /Пр/	10	4	ПК-1-У1	Л1.16 Л1.1 Л1.14Л2.4Л1 .1 Л3.2 Л1.1		КМ1	
6.3	Работа с лекционным материалом: Парамагнетизм. Диамагнетизм свободных электронов. Эффект Холла и сопротивление в магнитном поле. Модель Вейсса. Теория спиновых волн. Спиновые волны и ферромагнетизм. Рассеяние нейтронов. Антиферромагнетизм. /Ср/	10	13	ПК-1-В1	Л1.16 Л1.11 Л1.12 Л1.13Л2.4Л3 .2			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	----------------------------	--	------------------------

КМ1	Дифф.зачет	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>1. Кристаллическая решетка, базис, основные типы трехмерных решеток Браве. Базоцентрированная, объемцентрированная, гранеццентрированная. Индексы Миллера.</p> <p>2. Типы межатомных связей.</p> <p>3. Инфракрасное поглощение. Дифракция рентгеновских лучей.</p> <p>4. Дисперсионное соотношение. Длинноволновый и коротковолновый пределы.</p> <p>5. Теплоемкость твердых тел. Фононы.</p> <p>6. Рассеяние света. Рассеяние нейтронов.</p> <p>7. Теорема Блоха. Сильная связь. Почти свободные электроны.</p> <p>8. Парамагнетизм. Диамагнетизм свободных электронов.</p> <p>9. Эффект Холла и сопротивление в магнитном поле.</p> <p>10. Спиновые волны и ферромагнетизм</p> <p>11. Переходы электронов между энергетическими уровнями. Фотоэффект.</p> <p>12. Уравнение Шредингера. Функции Блоха. Область определения волнового вектора и его дискретность.</p> <p>13. Плотность состояний для 0D, 1D, 2D и 3D систем.</p> <p>14. Статистика электронов в кристалле. Основные различия между металлами диэлектриками и полупроводниками.</p> <p>15. Электропроводность металлов.</p> <p>16. Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные состояния. Элементарная теория примесных состояний.</p> <p>17. Статистика носителей зарядов в полупроводниках. Взаимная компенсация доноров и акцепторов.</p> <p>18. Вольтамперная характеристика p-n-перехода.</p> <p>19. Магнитные свойства сверхпроводников I рода.</p> <p>20. Магнитные свойства сверхпроводников II рода.</p> <p>21. Эффект Джозефсона и макроскопические квантовые явления.</p>
КМ2	Коллоквиум по квантовой электронике	ПК-1-У1	<p>1. Уравнение Шредингера с переменным внешним полем. Теория возмущения.</p> <p>2. Вынужденные переходы. Золотое правило Ферми.</p> <p>3. Спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.</p> <p>4. Лазеры.</p> <p>5. Переходы в непрерывном спектре. Синхротронное излучение и лазер на свободных электронах.</p>
КМ3	Коллоквиум по квантовой информатике	ПК-1-У1	<p>1. Квантовая информация.</p> <p>2. Кубиты.</p> <p>3. Приготовление и преобразование состояний.</p> <p>4. Криптография. Квантовое распределение ключа.</p> <p>5. Парадокс ЭПР. Копенгагенская интерпретация квантовой механики.</p> <p>6. Неравенства Белла.</p> <p>7. Квантовая телепортация.</p>

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Практическая работа: Масштабы величин в квантовой механике	ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Задача 1. Оценить характерный масштаб силы в атомной системе единиц</p> <p>Задача 2. Оценить характерный масштаб энергии</p> <p>Задача 3. Эффект Комптона</p> <p>Задача 4. Нахождение атомного масштаба электрического сопротивления</p> <p>Задача 5. Оценка характерного масштаба действия.</p> <p>Задача 6. Оценка характерного масштаба действия.</p> <p>Задача 7. Оценка масштаба длины.</p>

P2	Рефераты по квантовой электронике.	ПК-1-У1;ПК-1-В1	1. Уравнение Шредингера с переменным внешним полем. Теория возмущения. 2. Вынужденные переходы. Золотое правило Ферми. 3. Спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. 4. Лазеры. 5. Переходы в непрерывном спектре. Синхротронное излучение и лазер на свободных электронах.
P3	Рефераты по квантовой информации.	ПК-1-У1	1. Квантовая информация. 2. Кубиты. 3. Приготовление и преобразование состояний. 4. Криптография. Квантовое распределение ключа. 5. Парадокс ЭПР. Копенгагенская интерпретация квантовой механики. 6. Неравенства Белла. 7. Квантовая телепортация.
P4	Практическая работа: Принцип неопределенности Гейзенберга.	ПК-1-У1	Задача 1. Оценить энергию основного состояния нейтрона, находящегося на непроницаемой горизонтальной плоскостью в поле тяжести Земли. Оценить высоту области пространственной локализации нейтрона в этом состоянии. Задача 2. Электрон находится в прямоугольной потенциальной яме $U(x)=-U_0$ при x меньше a и $U(x)=0$ при x больше a , с параметрами $a=3 \cdot 10^{-8}$ см и $U_0=10$ эВ. Оценить энергию основного состояния в такой системе. Задача 3. Электрон находится в плоской монохроматической стоячей электромагнитной волны с электрическим полем $E(x,t)=E \cos(kx) \cdot \cos(\omega t)$ с параметрами $E=1 \cdot 10^3$ Гс, $\omega = 1,77 \cdot 10^{15}$ с ⁻¹ . Определить эффективный потенциал медленного движения электрона и оценить для него борновский параметр.
P5	Практическая работа: Уравнение Шредингера	ПК-1-У1	Задача 1. Частица падает слева в потенциальном поле прямоугольной ступеньки: $U(x<0)=0, U(x>0)=U_0$. Для заданной энергии E нарисовать график зависимости коэффициента прохождения T от параметра $\beta=U_0/E$. Задача 2. Найти в импульсном представлении вид стационарного уравнения Шредингера для частицы в поле периодического потенциала $V(x+d)=V(x)$. Задача 3. Найти волновую функцию и значения энергии дискретного уровня для частицы в яме $U(x)=-q \cdot \delta(x)$, решая задачу в импульсном представлении. Задача 4. Найти вид волновых функций частицы в однородном поле $U(x)=Fx$ в импульсном представлении.
P6	Практическая работа: Движение в центрально-симметричном потенциале	ПК-1-31;ПК-1-У1	Задача 1. Определить уровни энергии сферического осциллятора (частица в поле $U(r)=m\omega^2 r^2/2$), кратности их вырождения, и возможные значения орбитального момента в соответствующих стационарных состояниях. Задача 2. Определить средний потенциал электрического поля, создаваемый атомом водорода в основном состоянии.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен не предусмотрен

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Выполнение каждого практического задания текущего контроля успеваемости может принести максимум 10 баллов, в итоге по результатам работы в семестре учащийся может набрать максимум 40 баллов. На промежуточной аттестации можно также набрать 60 баллов – 30 баллов максимум по итогам индивидуального собеседования и 30 баллов максимум за выполнение практического контрольного задания. Итоговая сумма, не меньшая 85, соответствует оценке «отлично», от 70 до 84 – оценке «хорошо», от 55 до 69 – оценке «удовлетворительно», меньшая 55 – оценке «неудовлетворительно».

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ведринский Р. В.	Квантовая механика: учебник	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Хермандер Л.	К теории общих дифференциальных операторов в частных производных	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1959
Л1.3	Данфорд Н., Шварц Д. Т., Костюченко А. Г.	Линейные операторы	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1962
Л1.4	Като Т., Маслов В. П.	Теория возмущений линейных операторов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1972
Л1.5	Мэтьюс П.	Релятивистская квантовая теория взаимодействий элементарных частиц	Электронная библиотека	Москва: Издательство иностранной литературы, 1959
Л1.6	Бёркен Д. Д., Дрелл С. Д.	Релятивистская квантовая теория	Электронная библиотека	Б.м.: б.и., 1978
Л1.7	Грашин А. Ф.	Квантовая механика	Электронная библиотека	Москва: Просвещение, 1974
Л1.8	Бёркен Д. Д., Дрелл С. Д.	Релятивистская квантовая теория: монография	Электронная библиотека	Б.м.: б.и., 1978
Л1.9	Ферми Э.	Квантовая механика: конспект лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1965
Л1.10	Байков Ю. А., Кузнецов В. М.	Квантовая механика: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.11	Иродов И. Е.	Квантовая физика: основные законы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л1.12	Левич В. Г., Вдовин Ю. А., Мямлин В. А., Левич В. Г.	Т. 2: Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика	Библиотека МИСиС	, 1971
Л1.13	Векилов Юрий Хоренович, Кузьмин Юрий Михайлович	Квантовая и статистическая физика: Учеб. пособие для семинар. и практ. занятий для студентов спец. 0406,0604,0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1987
Л1.14	Елютин П. В., Кривченков В. Д.	Квантовая механика с задачами: сборник задач и упражнений	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2001
Л1.15	Штыгашев А. А., Пейсахович Ю. Г.	Задачи по физике: электромагнетизм; электромагнитные волны; волновая и квантовая оптика; элементы квантовой физики и физики твердого тела; элементы ядерной физики: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Крашенинин В. И., Газенаур Е. Г., Кузьмина Л. В.	Квантовая химия и квантовая механика в применении к задачам: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012
Л2.2	Кочетова Ю. В., Ширшова Е. Е.	Алгебра. Конечномерные пространства. Линейные операторы: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Москва: Московский педагогический государственный университет (МПГУ) Прометей, 2013

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Серова Ф. Г., Янкина А. А.	Сборник задач по теоретической физике: квантовая механика, статистическая физика	Электронная библиотека	Москва: Просвещение, 1979
Л2.4	Бете Г.	Квантовая механика	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1965
Л2.5	Рыдник В. И.	Что такое квантовая механика	Электронная библиотека	Москва: Советская Россия, 1963
Л2.6	Копытин И. В., Корнев А. С., Манаков Н. Л., Фролов М. В.	Квантовая теория: курс лекций: курс лекций	Электронная библиотека	Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2018

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Шифф Л., Зайцев Г. А.	Квантовая механика	Электронная библиотека	Москва: Изд-во иностр. лит., 1959
Л3.2	Викулов С. В., Чечуев В. Я.	Репетитор по физике: квантовая механика: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Золотой колос, 2016
Л3.3	Матвеев А. Н.	Квантовая механика и строение атома	Электронная библиотека	Москва: Высшая школа, 1965

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Python
П.2	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	В процессе работы над курсом студенты могут использовать электронные учебные пособия, размещенные в сети интернет, а также книги электронной библиотечной системы.
И.2	http://elibrary.ru/ eLIBRARY – Научная электронная библиотека.
И.3	http://www.edu.ru - Каталог образовательных интернет-ресурсов.
И.4	http://ru.wikipedia.org - сетевая энциклопедия «Википедия».
И.5	http://www.college.ru - сайт, содержащий открытые учебники по естественным дисциплинам.
И.6	естественнонаучным дисциплинам.
И.7	http://www.edu.ru - Российское образование - Федеральный портал.
И.8	http://www.krugosvet.ru - сетевая энциклопедия «Кругосвет».

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Зачет с оценкой проводится в конце семестра. На зачете оцениваются полученные теоретические и практические знания,

их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их.

При этом при изучении теоретической физики очень важно посещать лекции и подробно записывать излагаемый на них материал. Это обусловлено тем, что в учебных пособиях не содержатся детальные математические преобразования.

Стандартный метод изложения сводится, как правило, к замечаниям типа: «как нетрудно показать», «после несложных преобразований получим» и т.д. Однако, за этими

так называемыми «несложными преобразованиями» обычно скрываются несколько страниц математических преобразований, прежде чем получится требуемый результат! Эту специфику учебных пособий необходимо иметь в виду. В процессе чтения лекций материал излагается доказательно, подробно, со всеми промежуточными выкладками.

Присутствующий на лекции студент становится соучастником процесса получения всех основных физических результатов.

Только таким способом, постигая шаг за шагом весьма непростые вопросы, можно понять логику дисциплины и её основное содержание. В процессе самостоятельной работы над курсом лекций необходимо уделить внимание основным понятиям, перечисленным в терминологическом минимуме по каждому разделу, и научиться самостоятельно выводить все главные формулы и уравнения. Подготовка к практическим занятиям предполагает работу с конспектом лекций и самостоятельное решение задач из домашних заданий.

В процессе подготовки к контрольной работе необходимо обратить внимание на вопросы, сформулированные в заданиях для самостоятельной работы, а также проанализировать решение типичных задач на практических занятиях.

При подготовке реферата необходимо использовать рекомендованную литературу, при этом следует обратить внимание на необходимость проведения подробных доказательств и выводов основных соотношений.