

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 25.08.2023 15:48:45

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 механика и статистика наночастиц

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Квантовое материаловедение

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

47

часов на контроль

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
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	47	47	47	47
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*дфмн, Профессор, Мухин Сергей Иванович*

Рабочая программа

**Квантовая механика и статистика наночастиц**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-23-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра теоретической физики и квантовых технологий**

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения Д.ф.-м.н., профессор, Мухин Сергей Иванович

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также ознакомить студентов с:
1.2	развитием теории электронных квантовых явлений в наносистемах: применением теории случайных гамильтоновых матриц Вигнера-Дайсона в исследовании термодинамики нанокластеров,
1.3	фазовыми переходами Пайерлса в квазиодномерных проводниках и фазовыми переходам Изинга и Березинского-Костерлица-Таулеса в двумерных системах,
1.4	теорией флуктуаций спина в одномерной цепочке Изинга,
1.5	теорией Ландауэра квантования проводимости квантового точечного контакта.
1.6	Задачи дисциплины определены научить:
1.7	Основным понятиям, законам и методам квантовой механики и физики фазовых переходов в многочастичных низкоразмерных системах и наночастицах;
1.8	Умению анализировать физическую картину распределения квантовых уровней энергии электронов в металлических наночастицах;
1.9	Решать конкретные задачи по вычислению температурных, полевых и частотных зависимостей термодинамических и кинетических характеристик наночастиц, представляющих
1.10	фундаментальный интерес для физики наносистем и имеющих прикладное значение.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Введение в современные квантовые технологии ч.2	
2.2.2	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.2.3	Спектроскопические методы анализа материалов	
2.2.4	Machine learning сложных систем и квантовой материи	
2.2.5	Нанофотоника	
2.2.6	Сверхпроводящие цепи и кубиты	
2.2.7	Современные квантовые технологии в полупроводниковой электронике	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 теоретические основы для решения конкретных задач физики наночастиц
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Знать:</b>
УК-2-31 Основные понятия, законы и методы квантовой механики и физики фазовых переходов в многочастичных низкоразмерных системах и наночастицах.
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Знать:</b>
УК-1-31 основные идеи, лежащие в основе теории перехода Пайерлса металл-диэлектрик
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>
<b>Уметь:</b>

ПК-3-У1 находить и получать необходимые данные об объекте исследования, осуществлять поиск литературы, критически использовать базы данных и другие источники информации, осуществлять моделирование спектральных, термодинамических и магнитных свойств наночастиц
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 проводить простые оценки и расчеты величин, таких как теплоемкость и магнитная восприимчивость наночастиц
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 анализировать физическую картину распределения квантовых уровней энергии электронов в металлических наночастицах.
<b>ПК-3: способность планировать и осуществлять комплексные экспериментальные и теоретические исследования в области квантовых технологий</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Находить решения конкретных задач по вычислению температурных, полевых и частотных зависимостей термодинамических и кинетических характеристик наночастиц, представляющих фундаментальный интерес для физики наносистем и имеющих прикладное значение.
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 навыками качественного и количественного анализа фундаментальных свойств, явлений и процессов в наночастицах атомов металлов и в квазиодномерных проводниках
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 навыками осуществлять моделирование статистических распределений электронных энергетических уровней с учетом квантового размерного эффекта в наночастицах

#### 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
	<b>Раздел 1. Статистика электронных спектров в металлических нанокластерах</b>							
1.1	Квантовый размерный эффект; Дискретность собственных значений гамильтоновой матрицы электрона в металлическом кластере; Концепция случайных гамильтоновых матриц электронов в нанокластерах; Теория гауссовских ансамблей гамильтоновых матриц Вигнера-Дайсона. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			

1.2	Геометрические корреляции уровней энергии и теорема Портера; Элементы симметрии гамильтоновой матрицы; Эффективное отталкивание между случайными энергетическими уровнями электронов в нанокластерах. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л1.1 Л2.3Л3.1 Э1			
1.3	Переход от ортогонального ансамбля случайных гамильтоновых матриц к унитарному ансамблю при постепенном увеличении магнитного поля; Точное решение Мехты для двухточечной корреляционной функции в магнитном поле; Баллистические и диффузионные пределы характера движения электронов в нанокластерах. /Лек/	1	2	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
1.4	Решение задач, вывод теоретических соотношений и доказательство теорем. /Пр/	1	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Термодинамические свойства металлических нанокластеров</b>							
2.1	Статсумма нанокластера с эквидистантными уровнями энергии; Удельная теплоемкость и магнитная восприимчивость нанокластера с равноотстоящими уровнями энергии в случаях четного и нечетного числа электронов. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
2.2	Основные принципы теории Горькова и Элиашберга; Приближенные методы расчета удельной тепловой и магнитной восприимчивости нанокластера при случайном распределении уровней энергии в низкотемпературном пределе. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			

2.3	Усреднение по распределениям Вигнера-Дайсона-Мехты и Пуассона в магнитном поле; Экспериментальное наблюдение кроссовера в поведении термодинамических характеристик нанокластеров. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
2.4	Решение задач, вывод теоретических соотношений и доказательство теорем. /Пр/	1	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
<b>Раздел 3. Переходы металл-изолятор в квазиодномерных проводниках</b>								
3.1	Метод уравнений Боголюбова-де Женна Гамильтониан Фрелиха с электрон-фононным взаимодействием в одномерной проводящей цепочке атомов; Удвоение периода цепочки атомов и фазовый переход Пайерлса в одномерном проводнике в состоянии с волной зарядовой плотности (ВЗП). /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
3.2	Теория фазового перехода Келдыша и Копаева в состоянии с волной зарядовой плотности (ВЗП) в полуметаллах; Переходы металл-изолятор с образованием волны спиновой плотности (ВСП); Связанные ВСП и ВЗП переходы в модели Хаббарда с отталкиванием - аналитическое решение типа "полосатой фазы" в квазиодномерном пределе слабой связи, и близком к половинному заполнению электронной зоны; Теория Горькова и Лебеда о снижении размерности электронного спектра и формировании магнитно-индуцированного фазового перехода в состояние с ВСП. /Лек/	1	2	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
3.3	Решение задач, вывод теоретических соотношений и доказательство теорем. /Пр/	1	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			

	<b>Раздел 4. Магнитные фазовые переходы в низкоразмерных системах</b>							
4.1	Модель Изинга на двумерной квадратной решетке; Точное решение Онзагера для ферромагнитного фазового перехода в двумерной модели Изинга; Степенное поведение температурной зависимости термодинамических величин; Критические степенные показатели двумерной модели Изинга. /Лек/	1	2	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
4.2	Фазовый переход Березинского, Костерлица и Таулесса (БКТ) в двумерной ХУ-модели теорема Мермина-Вагнера-Хоэнберга; Диссоциация пар вихрь-антивихрь и критерий перехода в упорядоченное состояние в теории БКТ. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
4.3	Спиновые колебания в одномерной цепочке Изинга; Точное решение для статсуммы и корреляционной длины как функций от температуры; Фазовый переход в дальний порядок на цепочке Изинга при абсолютном нуле. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
4.4	Решение задач, вывод теоретических соотношений и доказательство теорем. /Пр/	1	3	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 5. Квантовый транспорт: теория Ландауэра</b>							
5.1	Основные принципы теории квантового транспорта Ландауэра; Сопrotивление идеального квантового провода, формула Ландауэра-Бутикера; Суммирование поперечных квантовых мод электрического тока через баллистическую квантовую проволоку, формула Ландауэра; Электропроводность квантовой проволоки. /Лек/	1	2	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			

5.2	Матрица рассеяния и теория Ландауэра для квантового точечного контакта; Экспериментальная реализация; Адиабатический точечный контакт; Ступенчатая структура энергетической зависимости коэффициента пропускания через потенциальный барьер. /Лек/	1	1	УК-1-31 УК-2-31 ПК-3-31	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
5.3	Решение задач, вывод теоретических соотношений и доказательство теорем. /Пр/	1	4	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 6. контрольная работа</b>							
6.1	Контрольная работа: решение задач по разделам курса 1-2 /Пр/	1	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1			P1
	<b>Раздел 7. Домашнее задание</b>							
7.1	Освоение учебных материалов по разделам 1-5. Написание отчета по курсовой работе. /Ср/	1	47	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л2.1 Л1.1Л2.3 Л2.4Л3.2 Э1			P2

### 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	экзамен	УК-2-31;УК-1-31;УК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-В1;ПК-3-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантовый размерный эффект и дискретность собственных значений гамильтоновой матрицы электрона в металлическом кластере.</li> <li>2. Понятие о случайных гамильтоновых матрицах электронов в нанокластерах. Теория гауссовых ансамблей гамильтоновых матриц Вигнера-Дайсона.</li> <li>3. Геометрические корреляции энергетических спектров и теорема Портера об универсальности функции распределения собственных значений случайной гамильтоновой матрицы при унитарных преобразованиях.</li> <li>4. Эффективное отталкивание между случайными уровнями энергии электрона в нанокластере (якобиан Портера). Степенной показатель функции распределения уровней в ортогональных, унитарных и симплектических ансамблях.</li> <li>5. Статистическая сумма и температурная зависимость теплоемкости нанокластеров с двумя уровнями энергии распределенными по Вигнеру-Дайсону для ортогональных ансамблей.</li> <li>6. Удвоение периода цепочки и фазовый переход Пайерлса металл-изолятор в квазиодномерном проводнике, в состоянии с волной зарядовой плотности, ВЗП.</li> <li>7. Спиновые флуктуации (спиновые волны) в ферромагнетике при низких температурах. Закон дисперсии спиновых волн в ферромагнетике в решеточной модели Гайзенберга.</li> <li>8. Температурная зависимость теплоемкости ферромагнетика при низких температурах- закон Блоха (вывод средней энергии возбужденного состояния ферромагнетика с помощью функции распределения Планка.</li> <li>9. Гриновская функция одномерного гармонического осциллятора. Общее решение неоднородных уравнений движения осциллятора с внешней вынуждающей силой с помощью функции Грина изолированной системы.</li> <li>10. Свободная энергия и теплоемкость квантового гармонического осциллятора: высокие и низкие температуры. (Мнимая часть функции Грина и спектр энергий квантового осциллятора.)</li> </ol>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	итоговая контрольная работа	УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;ПК-3-В1;ПК-3-У1;УК-1-В1;УК-1-У1;ПК-3-31	<p>Пример задачи для контрольной работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вычислить теплоемкость ансамбля двухуровневых систем с тремя электронами со спином <math>1/2</math>. Считать, что расстояние между уровнями не зависит от проекции спина на ось квантования <math>z</math>, и распределено по закону Вигнера-Дайсона в ортогональном гауссовом ансамбле, со средним расстоянием между уровнями <math>D \gg T</math>, где <math>T</math>-температура. При рассмотрении возможных вариантов заполнения нижнего и верхнего уровней энергии учесть принцип Паули.</li> <li>2. Вычислить теплоемкость ансамбля двухуровневых систем с двумя электронами со спином <math>1/2</math>. Считать, что расстояние между уровнями не зависит от проекции спина на ось квантования <math>z</math>, и распределено по закону Вигнера-Дайсона в ортогональном ансамбле, со средним расстоянием между уровнями <math>D \gg T</math>, где <math>T</math>-температура. При рассмотрении возможных вариантов заполнения нижнего и верхнего уровней энергии учесть принцип Паули.</li> <li>3. Вычислить магнитную восприимчивость ансамбля двухуровневых систем с одним электроном со спином <math>1/2</math> во внешнем магнитном поле <math>H</math>. Считать, что уровни энергии 1-го электрона в магнитном поле парамагнитно зависят от проекции спина на ось квантования <math>z</math> <math>\pm 1/2</math> и щель между уровнями распределена по закону Вигнера-Дайсона в унитарном гауссовом ансамбле, со средним расстоянием между уровнями <math>D \gg T</math>, где <math>T</math>-температура.</li> </ol>
P2	домашнее задание: решение задачи	УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-31	<p>Перечень тем :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет теплоемкости и магнитной восприимчивости нанокластера с эквидистантными уровнями энергии с четным и нечетным количеством электронов (в приближении двухуровневой системы)</li> <li>2. Усреднение в пределе низких температур теплоемкости и магнитной восприимчивости нанокластера в приближении двухуровневой системы по распределению Вигнера-Дайсона.</li> <li>3. Двухуровневая корреляционная функция <math>R_2</math> в представлении Pandey-Mehta для унитарного ансамбля случайных гамильтоновых матриц в различных магнитных полях. Предельные случаи сильных и слабых полей.</li> <li>4. Усреднение термодинамических характеристик наночастиц с двухточечной корреляционной функцией <math>R_2</math> в представлении Pandey-Mehta для унитарного гауссова ансамбля случайных гамильтоновых матриц <math>R_2</math></li> </ol>

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

Пример структуры экзаменационного билета:

1. Фундаментальный теоретический вопрос по статистике случайных энергетических уровней в наночастицах.
2. Фундаментальный теоретический вопрос по термодинамике перехода Пайерлса металл-изолятор в квазиодномерном проводнике, в состоянии с волной зарядовой плотности (ВЗП).

Пример экзаменационного билета приведен в приложении

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

Оценка	Критерии оценивания на экзамене
5	«Отлично» Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер
4	«Хорошо» Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера
3	«Удовлетворительно» Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы и допускает ряд неточностей
	Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности
2	«Неудовлетворительно» Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы
Оценивание решения задач контрольной работы	
Оценка	Критерии оценивания
5	«Отлично» Обучающийся выполняет полное и аргументированное решение задачи
4	«Хорошо» Обучающийся выполняет полное решение задачи, но не может аргументировать свое решение
3	«Удовлетворительно» Обучающийся в целом правильно решает задачу, но не может аргументировать свое решение
	Обучающийся правильно понимает способ решения задачи, но допускает ошибки при решении задачи
2	«Неудовлетворительно» Обучающийся не может решить задачу
Оценка	Критерии оценивания отчета по домашнему заданию:
5	«Отлично» Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает тему домашнего задания, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер
4	«Хорошо» Обучающийся в целом раскрывает тему домашнего задания, однако ответ хотя бы в одном подразделе не носит развернутого и исчерпывающего характера
3	«Удовлетворительно» Обучающийся в целом раскрывает тему домашнего задания и допускает ряд неточностей/
	Обучающийся фрагментарно раскрывает тему домашнего задания, допускает значительные неточности.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.5: Статистическая физика	Библиотека МИСиС	, 1964

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.	Т. 10: Физическая кинетика	Библиотека МИСиС	, 1979
Л2.2	Левич В. Г., Вдовин Ю. А., Мямлин В. А., Левич В. Г.	Т. 2: Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика	Библиотека МИСиС	, 1971
Л2.3	Браницкая Л. Л.	Теория вероятностей и математическая статистика. Разд.: Случайная величина и ее числовые характеристики: Учеб. пособие для студ. спец. 0102, 0608, 0709, 5104	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Браницкая Л. Л.	Теория вероятности и математическая статистика: Разд.: Случайные события и их вероятности: Учеб. пособие для студ. спец. 0102,0608, 0709, 5104, 1106, 1204	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Векилов Ю. Х., Иванов И. А., Матвеева Ю. Л., др., Мухин С. И.	Электронная теория металлов: сб. задач	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л3.2	Быкова М. Б., Гореева Ж. А., Козлова Н. С., Подгорный Д. А.	Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам: метод. указания	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2017

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	03.04.02 Квантовая механика и статистика наночастиц/Quantum Electronic Properties of Nanosystems(на рус. и англ.) Доступ для студентов проходящих обучение по курсу. Размещен в LMS CANVAS	<a href="https://lms.misis.ru/courses/8424">https://lms.misis.ru/courses/8424</a>
----	---	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	Python

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.7	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 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

Литература для самостоятельного изучения хранится на кафедре (см также файлы в Приложениях)

Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы, подготовку докладов, выполнение курсовых работ.

Материалы докладов, курсовых работ в дальнейшем могут быть использованы при выполнении студенческих научных исследований и стать основой для подготовки выступлений на студенческих научно-практических конференциях, участия в конкурсах.

Самостоятельная работа направлена на поиск учебной и научной информации, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, на выработку умений и навыков рациональной организации своей деятельности.

Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку лекционных материалов (конспекты, презентации) и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор научной и учебной литературы с использованием библиотечных и электронных образовательных ресурсов, источников информации в сети «Интернет» по изучаемой теме дисциплины;
- освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение домашнего задания;
- подготовка к экзамену.