

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 16:39:45

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Modern Quantum Physics of Solids part 1 / Квантовая физика твердого тела, часть 1

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

46

самостоятельная работа

98

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	20		УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24
Практические	22	22	22	22
Итого ауд.	46	46	46	46
Контактная работа	46	46	46	46
Сам. работа	98	98	98	98
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

дфмн, Профессор, Григорьев Павел Дмитриевич; дфмн, Профессор, Мухин Сергей Иванович

Рабочая программа

Modern Quantum Physics of Solids part 1 / Квантовая физика твердого тела, часть 1

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_МФ3-22-3А.plx Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Протокол от 23.06.2022 г., №7/22

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Ознакомить студентов с развитием представлений об электронной структуре твёрдых тел. Научить студентов анализировать экспериментальные данные на основе современной электронной теории твердых тел.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Electron Theory of Metals / Электронная теория металлов	
2.2.2	Modern Quantum Physics of Solids part 2/ Квантовая физика твердого тела, часть 2	
2.2.3	Scientific research / Научно-исследовательская практика	
2.2.4	Technology and Materials of Quantum Electronics / Технологии и материалы квантовой электроники	
2.2.5	Modern methods of atomistic simulation / Современные методы атомистического моделирования	
2.2.6	Physics of Low Dimensional Systems / Физика низкоразмерных систем	
2.2.7	Сверхпроводящие цепи и кубиты	
2.2.8	Master's Thesis / Преддипломная практика	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, участвовать в обучении на протяжении всей жизни	
Знать:	
УК-6-31 Основные физические принципы современной электронной теории твердых тел;	
УК-6-32 Основные физические принципы современной электронной теории нормальных металлов и сверхпроводников;	
УК-6-33 Основные задачи и проблемы современной электронной теории твердых тел;	
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	
Знать:	
УК-1-31 Основные технологические направления для применений современной электронной теории твердых тел.	
ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики	
Уметь:	
ПК-1-У1 Наглядно представить результаты своей работы;	
ПК-1-У2 Находить новые математические методы решения задач физики твердого тела.	
ПК-1-У3 Используя интернет или библиотеку, быстро и эффективно находить современные научные статьи, обзоры или специальную литературу по заданной области или конкретной проблеме физики конденсированного состояния;	
УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, участвовать в обучении на протяжении всей жизни	
Уметь:	
УК-6-У2 Анализировать экспериментальные данные на основе теории физики твердого тела;	
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	
Уметь:	
УК-1-У1 Выбирать новые задачи исходя из опубликованных в научной периодике статей;	

УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, участвовать в обучении на протяжении всей жизни
Уметь:
УК-6-У1 Читать учебную, справочную и специальную литературу по физике твердых тел, понимать и правильно интерпретировать прочитанное;
ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики
Владеть:
ПК-1-В1 Представить результаты своей работы в виде наглядного текста или устной презентации, используя стандартные пакеты программ (например, WORD и PowerPoint);
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
Владеть:
УК-1-В1 Основными методами численного и аналитического расчета основных термоэлектрических свойств твердых тел;
УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, участвовать в обучении на протяжении всей жизни
Владеть:
УК-6-В2 Навыками представлять основные теоретические положения по заданной теме;
УК-6-В1 Применять на практике навыки самостоятельной работы с литературой для поиска информации о понятиях, терминах, задачах и проблемах, объяснения их решения в практических ситуациях;

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. Введение и базовые знания. Основы статистической физики и теория возмущений. /Introduction and basic knowledge. Fundamentals of statistical physics and perturbation theory.							
1.1	Введение и базовые знания. Основы статистической физики и теория возмущений. /Introduction and basic knowledge. Fundamentals of statistical physics and perturbation theory. /Лек/	1	1	УК-6-31 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1			
	Раздел 2. Структура и упругие свойства кристаллов /Structure and elastic properties of crystals							
2.1	Кристаллическая структура и методы ее исследования. /Crystal structure and methods of its research. /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
2.2	Жидкие кристаллы и квазикристаллы /Liquid crystals and quasicrystals /Лек/	1	1	УК-6-У1 УК-1-У1 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л3.1 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л1.1 Л2.5 Э1			

2.3	Типы связи в твердых телах /Bond types in solids /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
2.4	Упругие свойства кристаллов (классическая теория упругости) /Elastic properties of crystals (classical theory of elasticity) /Пр/	1	2	УК-6-В1 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5			
2.5	Фононы. Их классификация и закон дисперсии /Phonons. Their classification and dispersion law. /Пр/	1	2	УК-6-33 УК-6-В2 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5			
	Раздел 3. Тепловые и электрические свойства диэлектриков /Thermal and electrical properties of dielectrics							
3.1	Теплоемкость идеальных кристаллов диэлектриков. Модели Дебая и Эйнштейна /Heat capacity of ideal dielectric crystals. Debye and Einstein models /Пр/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-В1 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
3.2	Теплопроводность идеальных кристаллов диэлектриков /Thermal conductivity of ideal dielectric crystals /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
3.3	Теплоемкость и теплопроводность аморфных тел и квазикристаллов /Heat capacity and thermal conductivity of amorphous bodies and quasicrystals /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5			
3.4	Диэлектрическая восприимчивость изоляторов. Различные вклады в диэлектрическую восприимчивость и их частотная зависимость /Dielectric susceptibility of insulators. Various contributions to the dielectric susceptibility and their frequency dependence /Лек/	1	2	УК-6-У1 УК-6-У2 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
	Раздел 4. Электронные свойства нормальных металлов /Electronic properties of normal metals							
4.1	Вырожденный газ Ферми. Его теплоемкость. История развития области: теории Друде и Зоммерфельда. /Degenerate Fermi gas. Its heat capacity. History of the development of the region: theories of Drude and Sommerfeld. /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 ПК-1-У3	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5 Э1			

4.2	Электроны в кристаллической решетке и их закон дисперсии в приближениях сильной и слабой связи. Теорема Блоха. Поверхность Ферми. /Electrons in a crystal lattice and their dispersion law in strong and weak coupling approximations. Bloch's theorem. Fermi surface. /Пр/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.5			
4.3	Явления переноса в металлах. Кинетическое уравнение для электронов в металлах. Электропроводность и теплопроводность металлов и их температурные зависимости. Закон Видемана Франца и область его применимости. /Transport phenomena in metals. Kinetic equation for electrons in metals. Electrical and thermal conductivity of metals and their temperature dependences. Franz Wiedemann's law and its scope. /Пр/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5			
4.4	Термоэлектрические эффекты в металлах. /Thermoelectric effects in metals. /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5 Э1			
4.5	Металлы в магнитном поле. Магнитосопротивление и эффект Холла. /Metals in a magnetic field. Magnetoresistance and the Hall effect. /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-У2	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5 Э1			
4.6	Металлы в высокочастотном электромагнитном поле. Скин-эффект. /Metals in a high-frequency electromagnetic field. Skin effect. /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-У2	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5 Э1			
4.7	Методы изучения электронной структуры металлов. Фотоэффект с угловым разрешением (ARPES) и магнитные квантовые осцилляции. /Methods for studying the electronic structure of metals. Angle resolved photoelectric effect (ARPES) and magnetic quantum oscillations. /Лек/	1	1	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-У2	Л1.1 Л1.2 Л2.1Л3.1 Л2.5 Э1			
4.8	Практические занятия по разделу /Practical exercises for the section /Пр/	1	4	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-В2 УК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.5			
	Раздел 5. Сверхпроводимость /Superconductivity							

5.1	Основные свойства сверхпроводящего состояния. Термодинамика сверхпроводников. Промежуточное состояние. Теория Лондонов. / Basic properties of the superconducting state. Thermodynamics of superconductors. Intermediate state. London Theory. /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-У1 УК-6-У2 УК-1-31 УК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
5.2	Основные идеи микроскопической теории сверхпроводимости. Критерий сверхтекучести. Фононное притяжение. Куперовское спаривание. Механизм Литтла высокотемпературной сверхпроводимости в квазиодномерных молекулярных цепочках. / Basic ideas of the microscopic theory of superconductivity. Criterion of superfluidity. Phonon attraction. Cooper pairing. Little mechanism of high-temperature superconductivity in quasi-one-dimensional molecular chains /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-33 УК-6-У1	Л1.1 Л1.2Л2.5 Э1			
5.3	Теория Гинзбурга и Ландау. Квантование магнитного потока. Поверхностная энергия. /The theory of Ginzburg and Landau. Magnetic flux quantization. surface energy. /Пр/	1	2	УК-6-32 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5			
5.4	Два рода сверхпроводников. Смешанное состояние. Вихревая решетка Абрикосова. Поверхностная сверхпроводимость. /Лек/	1	2	УК-6-31 УК-6-32 УК-6-У1 УК-6-33 ПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5			
5.5	Туннельный контакт. Стационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Международный стандарт вольты /Лек/	1	2	УК-6-У1 УК-1-31 УК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.5			
5.6	Практические занятия по разделу /Пр/	1	4	УК-6-В2 УК-6-В1	Л1.1 Л3.1Л2.1 Л2.5			
	Раздел 6. Освоение учебных материалов по разделам 1-5. Написание отчета по домашнему заданию /Development of educational materials in sections 1-5. Writing a homework report							

6.1	Освоение учебных материалов по разделам 1-5. Написание отчета и подготовка презентации по домашнему заданию. /Development of educational materials in sections 1-5. Writing a report and preparing a presentation for homework. /Cp/	1	98	УК-6-В1 УК-6-В2 УК-1-В1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.5Л3.2			
	Раздел 7. Контрольная работа и ее разбор /Control work and its analysis							
7.1	Контрольная работа /Control paper /Пр/	1	2	УК-6-31 УК-6-33 УК-6-32 УК-1-В1 ПК-1-У2	Л1.1 Л2.1Л3.1			

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	Контрольная работа /Control paper	УК-6-31;УК-6-33;УК-6-32;УК-6-В1;ПК-1-У2	

КМ2	Экзамен / Exam	УК-6-31;УК-6-32;УК-6-У2;УК-6-В2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структура периодически-упорядочных кристаллов. 2. Обратная решетка периодически-упорядочных кристаллов. Зона Бриллюэна. 3. Методы экспериментального определения структуры кристаллов. 4. Классификация решеток Браве. 5. Влияние температуры на рассеяние рентгеновского излучения; фактор Дебая–Уоллера. 6. *Несоизмеримо модулированные кристаллы. Квазикристаллы. 7. Жидкие кристаллы и полимеры; примеры. 8. Вещества в аморфном состоянии. Гели, аэрогели и опалы. 9. Теплоемкость твёрдых тел. Температура Дебая. 10. Нормальные моды моноатомной линейной цепочки. 11. Нормальные моды двухатомной линейной цепочки; щель в спектре колебательных возбуждений. Оптические и акустические фононы. 12. Нормальные колебательные моды решетки Браве и решетки с базисом в двумерном и трехмерном случаях. 13. Плотность колебательных состояний. 14. Число независимых компонент тензора модулей упругости кристаллов и аморфных сред. 15. Закон Гука в кристаллах. 16. Межатомные взаимодействия и связь в твердых телах. 17. Теплопроводность. 18. Фононные процессы с перебросом. 19. Металлы, полуметаллы, полупроводники, диэлектрики. Понимание графиков зонной структуры. 20. Движение электрона в периодическом потенциале. Теорема Блоха. 21. Приближения слабой и сильной связи для расчета энергетических спектров металлов. 22. Термоэлектронные явления в металле. Закон Видемана-Франца. 23. Эффект Пельтье. Термо-э.д.с. 24. Металл в высокочастотном электромагнитном поле. Нормальный скин-эффект. 25. Аномальный скин-эффект. Концепция неэффективности. 26. Диамагнетизм Ландау и парамагнетизм Паули идеального ферми-газа. 27. Уровни Ландау. Спектр энергии электрона в магнитном поле. 28. Сверхпроводимость (общие свойства). 29. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Вихри Абрикосова. 30. Куперовские пары (природа притяжения между электронами в металле). Теория Бардина - Купера - Шриффера (теория БКШ). От чего зависит температура сверхпроводящего перехода (в приближении слабой связи)? 31. Теория Гинзбурга-Ландау фазового перехода II-го рода. 32. Температурная зависимость параметра порядка вблизи фазового перехода II-го рода. 33. Пределы применимости теории Гинзбурга-Ландау, критерий Гинзбурга-Леванюка. 34. Эффект Джозефсона (стационарный и нестационарный). Его применение. 35. Диэлектрики. Различные вклады в поляризуемость диэлектриков. 36. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости и восприимчивости диэлектриков. Ее описание с помощью вынужденных колебаний. 37. Вычисление ориентационной восприимчивости. 38. Комплексная диэлектрическая проницаемость и ее физический смысл. 39. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. 40. Различные вклады в магнитную восприимчивость парамагнетиков и их температурную зависимость. 41. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм в приближении среднего поля: температурная зависимость их магнитной восприимчивости и намагниченности. 42. Спиновые волны в ферро- и антиферромагнетиках. Их закон дисперсии. Магноны.
-----	----------------	---------------------------------	---

43. *Вклад магнонов в температурную зависимость теплоемкости в ферро- и антиферромагнетиках.

44. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетиков. Результат среднего поля, экспериментальный и теоретический с участием магнонов.

45. Природа и типы обменного взаимодействия в магнетиках.

46. Дефекты в кристаллах.

47. * Прыжковая проводимость.

48. Адиабатическое размагничивание как метод охлаждения.

49. *Спиновые стекла и фрустрированные магниты. /

1. Structure of periodically ordered crystals.
2. Reciprocal lattice of periodically ordered crystals. Brillouin zone.
3. Methods for experimental determination of the structure of crystals.
4. Classification of Bravais gratings.
5. Influence of temperature on X-ray scattering; Debye–Waller factor.
6. *Incommensurably modulated crystals. Quasicrystals.
7. Liquid crystals and polymers; examples.
8. Substances in the amorphous state. Gels, aerogels and opals.
9. Heat capacity of solids. Debye temperature.
10. Normal modes of a monoatomic linear chain.
11. Normal modes of a diatomic linear chain; gap in the spectrum of vibrational excitations. Optical and acoustic phonons.
12. Normal vibrational modes of a Bravais lattice and a lattice with a basis in two and three dimensions.
13. Density of vibrational states.
14. Number of independent components of the tensor of the elastic moduli of crystals and amorphous media.
15. Hooke's law in crystals.
16. Interatomic interactions and communication in solids.
17. Thermal conductivity.
18. Phonon processes with umklapp.
19. Metals, semimetals, semiconductors, dielectrics. Understanding band structure graphs.
20. Movement of an electron in a periodic potential. Bloch's theorem.
21. Weak and strong coupling approximations for calculating the energy spectra of metals.
22. Thermionic phenomena in metal. Wiedemann-Franz law.
23. Peltier effect. Thermo emf
24. Metal in a high-frequency electromagnetic field. Normal skin effect.
25. Anomalous skin effect. The concept of inefficiency.
26. Landau diamagnetism and Pauli paramagnetism of an ideal Fermi gas.
27. Landau levels. Energy spectrum of an electron in a magnetic field.
28. Superconductivity (general properties).
29. Superconductors of the 1st and 2nd kind. Abrikosov vortices.
30. Cooper pairs (nature of attraction between electrons in a metal). Bardeen-Cooper-Schrieffer theory (BCS theory). What does the superconducting transition temperature depend on (in the weak coupling approximation)?
31. Ginzburg-Landau theory of phase transition of the second kind.
32. Temperature dependence of the order parameter near a second-order phase transition.
33. Limits of applicability of the Ginzburg-Landau theory, Ginzburg-Levanyuk criterion.
34. Josephson effect (stationary and non-stationary). Its application.
35. Dielectrics. Various contributions to the polarizability of dielectrics.
36. Frequency dependence of the permittivity and susceptibility of dielectrics. Her description from using forced vibrations.
37. Calculation of orientational susceptibility.
38. Complex permittivity and its physical meaning.
39. Ferroelectrics and piezoelectrics.
40. Various contributions to the magnetic susceptibility of paramagnets and their temperature dependence.
41. Ferromagnetism and antiferromagnetism in the mean field approximation: their temperature dependence magnetic susceptibility and magnetization.

			<p>42. Spin waves in ferro- and antiferromagnets. their dispersion law. Magnons.</p> <p>43. *Contribution of magnons to the temperature dependence of heat capacity in ferro- and antiferromagnets.</p> <p>44. Temperature dependence of the magnetization of ferromagnets. Mean field result, experimental and theoretical with the participation of magnons.</p> <p>45. Nature and types of exchange interaction in magnets.</p> <p>46. Defects in crystals.</p> <p>47. * Hopping conduction.</p> <p>48. Adiabatic demagnetization as a method of cooling.</p> <p>49. *Spin glasses and frustrated magnets.</p>
--	--	--	---

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

I. Контрольная работа. (УК-5.1-У1 ПК-1.1-У1 ПК-1.1-В1 ОПК-4.1-У1 ОПК-4.1-У2 ОПК-4.1-В1 УК-5.1-В1 УК-1.1-У1 УК-1.1-В1)

Примеры задач для контрольной работы:

- 1) В германии при $T=300$ К наблюдается подвижность электронов $\mu=4800$. Каково время релаксации импульса и дрейфовая скорость в поле $E=1$ В/см? Учесть, что в германии $m^*=0.1$ m.
- 2) Два стержня из разных металлов, обладающих электронной и дырочной проводимостью, образуют контакт. Место контакта охлаждается жидким азотом (77 К), свободные концы находятся при комнатной температуре. Каковы величина и знак термо-э.д.с. между свободными концами?
- 3) Каково должно быть минимальное напряжение, чтобы скомпенсировать теплопроводность в металле с помощью эффекта Пельтье, если разность температур между концами составляет 30 К?
- 4) Было обнаружено, что критическое значение поля H_c для некоторого сверхпроводящего сплава равно 400 эрстед и что при наложении поля 500 эрстед намагниченность такого сплава уменьшается до половины ее отрицательного значения при H_{c1} . Найти расстояние между центрами вихрей потока в смешанном состоянии.
- 5) Вычислить магнитный поток, а также соответствующий ему ток и магнитную энергию для первого квантового состояния постоянного тока в сверхпроводящей петле с радиусом $r=2 \cdot 10^{-3}$ см, сделанной из алюминиевой проволоки диаметром $d=2 \cdot 10^{-4}$ см. Вычислить величины H и B в центре кольца. Считать, что при $T=0$ К $n_s=1.8 \cdot 10^{23}$ см⁻³.

II. Домашнее задание. (ПК-1.1-31 ОПК-4.1-31 УК-5.1-31 УК-1.1-31 ПК-1.1-У1 ПК-1.1-В1 ОПК-4.1-У1 ОПК-4.1-У2 ОПК-4.1-В1 УК-5.1-У1 УК-5.1-В1 УК-1.1-У1 УК-1.1-В1)

Темы домашнего задания (1 семестр) ПК-1.1; УК-1.1

1. Уровни Ландау электрона во внешнем магнитном поле.
2. Квантовые осцилляции намагниченности в металлах: эффект де Гааза-ван Альфена.
3. Квантовый эффект Холла.
4. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.
5. Магнитная восприимчивость двумерного идеального ферми-газа.
6. Измерение эффектов де Гааза - ван Альфена и Шубникова - де Гааза 7. Ферромагнетизм локализованных электронов (модель Хаббарда).
8. Влияние магнитного поля на эффект Джозефсона в сверхпроводнике.
9. Эффект Ааронова-Бома и его наблюдения.
10. Явления переноса в неупорядоченных средах.
11. Сложные металлические сплавы
12. Аэрогели и опалы
13. Жидкие кристаллы
14. Экспериментальное определение структуры кристаллов методом дифракции рентгеновских лучей и электронов
15. Дифракция рентгеновских лучей в аморфных веществах
16. Число независимых компонент тензора модулей упругости
17. Упругая изотропия и поперечная упругая изотропия
18. Локализованные колебательные моды
19. Примеры эйнштейновских твердых тел
20. Тепловые и упругие аномалии в стеклах при низких температурах
21. Перенос тепла в изотопически чистых кристаллах
22. Возможные реализации квантовых битов в физике конденсированного состояния.
23. Цилиндрические магнитные домены
24. Доменные стенки Блоха и Нееля
25. Скачок теплоёмкости антиферромагнетика в точке Нееля
26. Типы магнитных структур в редкоземельных металлах
28. Спиновые стекла
29. Проводимость с переменной длиной прыжка в гранулярных проводниках
30. Зонная структура и свойства графена
31. Свойства углеродных нанотрубок
32. Экспериментальное определение магнитной структуры кристаллов методом дифракции нейтронов
33. Теория Гинзбурга-Ландау фазовых переходов 2 рода.
34. Волны зарядовой или/и спиновой плотности в металлах.
35. Рамановская спектроскопия и ее применения.
36. Дефекты в кристаллах
37. Майорановские фермионы в твердом теле
38. Топологические изоляторы и полуметаллы
39. Вейлевские полуметаллы в твердых телах

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

Пример экзаменационного билета:

1. Влияние температуры на рассеяние рентгеновского излучения; фактор Дебая–Уоллера.
2. Диэлектрики. Различные вклады в поляризуемость диэлектриков. Вычисление ориентационной восприимчивости.
3. Температурная зависимость электрической проводимости в металлах.

Пример экзаменационного билета в Приложении. /

Examination paper example:

1. Influence of temperature on X-ray scattering; Debye–Waller factor.
2. Dielectrics. Various contributions to the polarizability of dielectrics. Calculation of orientational susceptibility.
3. Temperature dependence of electrical conductivity in metals.

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

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Киттель Ч.	Введение в физику твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1978
Л1.2	Киттель Ч.	Квантовая теория твердых тел	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1967

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Абрикосов А. А.	Основы теории металлов: Для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987
Л2.2	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т. 7: Теория упругости	Библиотека МИСиС	, 1965
Л2.3	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.3: Квантовая механика. Нерелятивистская теория	Библиотека МИСиС	, 1989
Л2.4	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.5: Статистическая физика	Библиотека МИСиС	, 1964

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.5	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

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Займан Д.	Принципы теории твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1974
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	lms Canvas: Квантовая физика твердого тела	https://lms.misis.ru/courses/8385
----	--	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

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

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 №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

Обучение проводится в одном семестре и организуется в соответствии с настоящей программой. Аттестация по дисциплине предусмотрена в виде экзамена за 1-й семестр.
Слайды всех лекций в формате pdf, с разбивкой по разделам (модулям) курса, а также предварительные экзаменационные билеты доступны для студентов в системе lms Canvas.