

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:37:00

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)

Electron Theory of Metals / Электронная теория металлов

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 2

аудиторные занятия

60

курсовая работа 2

самостоятельная работа

93

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	30	30	30	30
Практические	30	30	30	30
Итого ауд.	60	60	60	60
Контактная работа	60	60	60	60
Сам. работа	93	93	93	93
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Мухин Сергей Иванович

Рабочая программа

Electron Theory of Metals / Электронная теория металлов

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	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также усвоение студентами знаний, необходимых для самостоятельного использования современной научной литературы в области квантовой физики металлов, в частности, энергетической зонной структуры, кинетических и магнитных свойств, физики квантовых явлений в сильных магнитных полях, сверхпроводимости и джозефсоновки, микроконтактной спектроскопии.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	- научить вычислять в простейших случаях электронные характеристики твердых тел;
1.4	- научить теоретически оценивать электронные характеристики металлов;
1.5	- научить объяснять зависимости электронных свойств от внешних параметров (температура, внешние электромагнитные поля, концентрация атомов примеси и др.);
1.6	- научить связывать теоретические представления о механизмах явлений с экспериментальными данными.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Management of Quality / Менеджмент качества	
2.1.2	Modern methods of structural characterisation of micro- and nano-systems/Современные методы диагностики и исследования материалов, нано- и микросистем	
2.1.3	Modern Quantum Physics of Solids part 1 / Квантовая физика твердого тела, часть 1	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Modern methods of atomistic simulation / Современные методы атомистического моделирования	
2.2.2	Nanophotonics	
2.2.3	Physics of Liquid-crystal Membranes / Физика жидкокристаллических мембран	
2.2.4	Physics of Low Dimensional Systems / Физика низкоразмерных систем	
2.2.5	Quantum Electronic Properties of Nanosystems / Квантовая механика и статистика наночастиц	
2.2.6	Superconducting electronics for the detection of super-weak signals and its metrology	
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

ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности
Знать:
ОПК-1-31 Основные современные направления и методы исследований по электронной теории металлов.
ОПК-1-33 Концепцию спонтанного нарушения симметрии и бозе-конденсации куперовских пар в рамках теории Бардина, Купера и Шриффера, применяемую для описания явления сверхпроводимости.
ОПК-1-32 Концепцию квази-частиц и основы теории ферми-жидкости Ландау для описания свойств нормальных металлов.
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 Систему уравнений теории Гинзбурга и Ландау для феноменологического описания кинетических и термодинамических свойств сверхпроводников.
УК-1-32 Основы метода функций Грина и их применений для предсказания и интерпретации экспериментов связанных с рассеянием фотонов, нейтронов, мюонов и измерением вольтамперных характеристик туннельных микроконтактов.
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности
Уметь:

ОПК-1-У2 Теоретически оценивать электронные характеристики металлов в нормальном и сверхпроводящем состояниях;
ОПК-1-У1 Вычислять в простейших случаях электронные характеристики твердых тел;
ОПК-1-У3 Объяснять зависимости электронных свойств металлов от внешних параметров (температура, внешние электромагнитные поля, концентрация атомов примеси и др.).
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-У2 Анализировать физическую картину в представлении куперовских пар и квази-частиц в теории ферми-жидкости Ландау для сверхпроводящего металла;
УК-1-У1 Анализировать физическую картину в представлении квази-частиц в теории ферми-жидкости Ландау для нормального металла;
УК-1-У3 Вычислять глубину проникновения электромагнитного излучения в металл в зависимости от частоты и электропроводности (скин-эффект);
УК-1-У5 Вычислять частоту переменного джозефсоновского тока от приложенного к джозефсоновскому контакту постоянного напряжения.
УК-1-У4 Вычислять глубину проникновения постоянного магнитного поля в сверхпроводник в зависимости от величины магнитного поля (эффект Мейснера);
ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики
Владеть:
ПК-1-В1 Связывать теоретические представления с экспериментальными данными.

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. Электрон в кристаллической решетке/Electron in crystal lattice							
1.1	Квантовая теория как основа описания физических свойств металлов: успехи и неудачи теорий Друде и Зоммерфельда. Сравнение теории с экспериментом/Quantum theory as a basis for describing the physical properties of metals: successes and failures theories of Drude and Sommerfeld. Comparison of theory with experiment. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.2	Теорема Блоха о движении электрона в пространственно-периодическом потенциале кристалла. Энергетические спектры металлов и диэлектриков/Bloch's theorem on the motion of an electron in a spatially periodic potential of a crystal. Energy spectra of metals and dielectrics /Лек/	2	2	ОПК-1-31 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

1.3	Концепция ферми-жидкости Ландау. Теорема Латтинжера как обобщение теории Блоха для взаимодействующих электронов в твердых телах. Поверхность Ферми в металле./Landau's Fermi liquid concept. Luttinger's theorem as a generalization of Bloch's theory for interacting electrons in solids. Fermi surface in metal. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.4	Общий вид кинетического уравнения. Решение кинетического уравнения для изотропного металла в приближении упругих столкновений. Электро- и теплопроводность./General view of the kinetic equation. Solution of the kinetic equation for an isotropic metal in the approximation of elastic collisions. Electrical and thermal conductivity. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У3 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.5	Кинетическое уравнение в магнитном поле. Термоэлектрические и термоманнитные явления в металлах./Kinetic equation in a magnetic field. Thermoelectric and thermomagnetic phenomena in metals. /Лек/	2	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.6	Процессы рассеяния электронов. Основные механизмы рассеяния электронов в металлах: температурные зависимости времен релаксации и кинетических коэффициентов./Electron scattering processes. Basic mechanisms of electron scattering in metals: temperature dependences of relaxation times and kinetic coefficients. /Лек/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У3 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.7	Эффект Кондо в металле с парамагнитными примесями. Кондо-решетки в сплавах с тяжелыми фермионами./The Kondo effect in a metal with paramagnetic impurities. Kondo lattices in alloys with heavy fermions. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

1.8	Электронный спектр одномерной цепочки (дираковская гребенка)- точное решение и решение в приближении слабой связи./Electronic spectrum of a one-dimensional chain - exact solution and solution in the weak coupling approximation. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.9	Вычисление компонент тензора проводимости в эффекте Холла для двумерного электронного газа, квазиклассический предел./Calculation of the components of the conductivity tensor in the Hall effect for a two-dimensional electron gas, semiclassical limit. /Пр/	2	1	ОПК-1-У3 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.10	Движение электрона в скрещенных постоянных электрическом и магнитном полях. Скорость дрейфа. Магнитосопротивление./Electron motion in crossed constant electric and magnetic fields. drift speed. Magnetoresistance. /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 УК-1-У3 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
1.11	Рассеяние электрона с переворотом спина. Вклад магнитного рассеяния в электросопротивление в эффекте Кондо./Scattering of an electron with spin flip. The contribution of magnetic scattering to the electrical resistance in the Kondo effect. /Пр/	2	1	ОПК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-У2 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
	Раздел 2. Квантовые осцилляции в металлах/Quantum oscillations in metals							
2.1	Квантование энергии электрона в постоянном магнитном поле: уровни Ландау. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау. Магнитная восприимчивость металлов./Quantization of electron energy in a constant magnetic field: Landau levels. Pauli paramagnetism and Landau diamagnetism. Magnetic susceptibility of metals. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

2.2	Квантовые осцилляции намагниченности металла в магнитном поле: эффект де Гааза и ван Альфена./Quantum oscillations of metal magnetization in a magnetic field: the de Haas and van Alphen effect. /Лек/	2	1	ОПК-1-31 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.3	Квантовые осцилляции проводимости и теплопроводности металла в магнитном поле: эффект Шубникова и де Гааза./Quantum oscillations of the conductivity and thermal conductivity of a metal in a magnetic field: the Shubnikov and de Haas effect. /Лек/	2	1	ОПК-1-У3 ОПК-1-У2 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.4	Квантовый эффект Холла (целочисленный) в квазидвумерном электронном газе. Международный стандарт электросопротивления. /Integer Quantum Hall effect in a quasi-two-dimensional electron gas. International standard for electrical resistance. /Лек/	2	1	ОПК-1-У3 ОПК-1-У2 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.5	Дробный квантовый эффект Холла в квазидвумерном сильно коррелированном электронном газе: статистика анионов, картина Лафлина. /Fractional Quantum Hall Effect in a Quasi-Two-Dimensional Strongly Correlated Electron Gas: Anion Statistics, Laughlin Picture. /Лек/	2	1	ОПК-1-У3 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.6	Вычисление термо-эдс термопары, эффект Пельтье в контакте двух проволок из разных металлов. /Calculation of the thermo-emf of a thermocouple, the Peltier effect in the contact of two wires from different metals. /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ПК-1-В1 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

2.7	Решение уравнения Шредингера для электрона в магнитном поле : плотность состояний, степень вырождения уровней Ландау. /Solution of the Schrödinger equation for an electron in a magnetic field: density of states, degree of degeneracy of Landau levels. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 УК -1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.8	Вычисление статистической суммы двумерного ферми-газа в магнитном поле с уровнями Ландау. Осциллирующая часть магнитного момента ферми-газа. /Calculation of the partition function of a two-dimensional Fermi gas in a magnetic field with Landau levels. Oscillating part of the magnetic moment of a Fermi gas. /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 УК -1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
2.9	Вычисление статистической суммы двумерного ферми-газа в магнитном поле с двумя магнитными подзонами: парамагнетизм Паули. Парамагнитная восприимчивость идеального ферми-газа. /Calculation of the partition function of a two-dimensional Fermi gas in a magnetic field with two magnetic subbands: Pauli paramagnetism. Paramagnetic susceptibility of an ideal Fermi gas. /Пр/	2	1	ОПК-1-31 ПК-1-В1 ОПК-1-У2 УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
	Раздел 3. Сверхпроводящие свойства металлов/Superconducting properties of metals							
3.1	Основные свойства сверхпроводящего состояния. Термодинамика сверхпроводников. Промежуточное состояние. Теория Лондонов. /Basic properties of the superconducting state. Thermodynamics of superconductors. Intermediate state. London Theory. /Лек/	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

3.2	<p>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/</p>	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.3	<p>Теория Гинзбурга и Ландау. Квантование магнитного потока. Поверхностная энергия. /The theory of Ginzburg and Landau. Magnetic flux quantization. surface energy. /Лек/</p>	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.4	<p>Два рода сверхпроводников. Смешанное состояние. Вихревая решетка Абрикосова. Поверхностная сверхпроводимость. /Two kinds of superconductors. Mixed state. Abrikosov vortex lattice. Surface superconductivity. /Лек/</p>	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.5	<p>Диамагнитный момент сверхпроводящего шара радиуса меньшего глубины проникновения магнитного поля в сверхпроводник во внешнем магнитном поле. /Diamagnetic moment of a superconducting ball of radius less than the depth of penetration of the magnetic field into the superconductor in an external magnetic field. /Пр/</p>	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.6	<p>Туннельный контакт. Стационарный эффект Джозефсона. Нестационарный эффект Джозефсона. Международный стандарт вольта. /Tunnel contact. Stationary Josephson effect. Non-stationary Josephson effect. International volt standard. /Лек/</p>	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

3.7	Разрушение сверхпроводимости магнитным полем: сверхпроводящий соленоид. Предел Клогстона. /Destruction of superconductivity by a magnetic field: superconducting solenoid. Clogston limit. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.8	Двумерная вихревая решетка. Взаимодействие двух абрикосовских вихрей. /Two-dimensional vortex lattice. Interaction of two Abrikosov vortices. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
3.9	Решение уравнений Гинзбурга-Ландау для тонкой сверхпроводящей пленки в параллельном ее поверхности внешнем магнитном поле. Критическое поле H_c тонкой пленки. Критическое поле H_c тонкой проволоки. /Solution of the Ginzburg-Landau equations for a thin superconducting film in an external magnetic field parallel to its surface. Critical field H_c of a thin film. Critical field H_c of a thin wire. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
	Раздел 4. Метод функций Грина для описания спектральных и магнитных свойств металлов/Green's functions method for description of spectral and magnetic properties of metals							
4.1	Понятие функции Грина и ее применения для описания взаимодействия металла с электромагнитным излучением, нейтронными и мюонными пучками. /The concept of the Green's function and its application to describe the interaction of metal with electromagnetic radiation, neutron and muon beams. /Лек/	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

4.2	Теоретические основы измерений фотоэлектронной эмиссии с угловым разрешением для определения поверхности Ферми и спектральных свойств электронов в металлах. /Theoretical foundations of measurements of photoelectron emission with angular resolution for determining the Fermi surface and the spectral properties of electrons in metals. /Лек/	2	1	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
4.3	Теоретические основы измерений электронных спектров металлов методом микроконтактной спектроскопии. /Theoretical foundations for measuring the electronic spectra of metals by the method of microcontact spectroscopy. /Лек/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
4.4	Прецессия спина во внешнем магнитном поле. Теоретические основы измерений магнитных свойств металлов методами мюонного и нейтронного рассеяния. /Spin precession in an external magnetic field. Theoretical foundations for measuring the magnetic properties of metals by muon and neutron scattering methods. /Лек/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
4.5	Аналитические свойства функции Грина. Функция Грина идеального ферми-газа. Связь мнимой части функции Грина со спектральной плотностью электронных уровней энергии. /Analytic properties of the Green's function. Green's function of an ideal Fermi gas. Relationship between the imaginary part of the Green's function and the spectral density of electronic energy levels. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
4.6	Связь функции Грина электрона с вольт-амперной характеристикой электрического микроконтакта. /Relationship between the Green's function of an electron and the current-voltage characteristic of an electrical microcontact. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

4.7	Связь функции Грина электрона с сечением магнитного рассеяния нейтронов в металле. /Relationship between the Green's function of an electron and the cross section for magnetic scattering of neutrons in a metal. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
4.8	Прецессия спина в магнитном поле. Магнитный резонанс и измерение обменных полей в магнетиках методом рассеяния мюонов. /Spin precession in a magnetic field. Magnetic resonance and measurement of exchange fields in magnets by the method of muon scattering. /Пр/	2	2	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
Раздел 5. Контрольная работа/Control paper								
5.1	Контрольная работа по разделам 1-4 /Control paper in 1-4 sections. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У3 УК-1-У4 УК-1-У5 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			
Раздел 6. Курсовая работа/Course essay								
6.1	Освоение учебных материалов по разделам 1-4. Написание отчета по курсовой работе. /Development of educational materials in sections 1-4. Writing a coursework report. /Ср/	2	93	УК-1-32	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1			

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 /exam	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-32;УК-1-31;ОПК-1-33	<ol style="list-style-type: none"> 1. Движение электрона в периодическом потенциале. Теорема Блоха. 2. Приближения слабой и сильной связи для расчета энергетических спектров металлов. 3. Термоэлектронные явления в металле. Закон Видемана-Франца. 4. Эффект Пельтье. Термо-э.д.с. 5. Металл в высокочастотном электромагнитном поле. Нормальный скин-эффект. 6. Аномальный скин-эффект. Концепция неэффективности. 7. Диамагнетизм Ландау и парамагнетизм Паули идеального ферми-газа. 8. Уровни Ландау. Спектр энергии электрона в магнитном поле. 9. Теория Гинзбурга-Ландау фазового перехода II-го рода. Температурная зависимость параметра порядка вблизи фазового перехода II-го рода. 10. Пределы применимости теории Гинзбурга-Ландау, критерий Гинзбурга-

		<p>Леванюка.</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. Роль кулоновского взаимодействия и квантовая природа магнетизма в твердых телах. 12. Ферромагнитный переход. Метод самосогласованного поля Вейсса. 13. Критерий сверхтекучести Ландау. 14. Теория сверхпроводимости Лондонов. 15. Квантование магнитного потока пронизывающего толстое сверхпроводящее кольцо. 16. Основные свойства сверхпроводников. Термодинамика сверхпроводников (скачок теплоемкости при температуре сверхпроводящего перехода). 17. Фононное притяжение между электронами в металле. 18. Образование куперовской пары. Энергия связи куперовской пары. 19. Энергетический спектр квазичастиц в сверхпроводнике по теории БКШ. 20. Основные уравнения теории Гинзбурга-Ландау. 21. Поверхностная энергия на границе нормальной и сверхпроводящей фаз в теории Гинзбурга-Ландау. 22. Корреляционная длина и поверхностная энергия. Два рода сверхпроводников. 23. Смешанное состояние сверхпроводников II-го рода в магнитном поле. 24. Магнитные свойства сверхпроводников II-го рода: поля H_{c1} и H_{c2}. 25. Абрикосовские вихри. Представление о вихревой решетке Абрикосова. 26. Туннельный эффект в металлах. Одночастичный ток через туннельный контакт двух нормальных металлов (качественное описание). 27. Эффект Джозефсона: сверхпроводящий ток протекающий через контакт двух сверхпроводников. Зависимость от разности фаз. 28. Эффект Джозефсона: зависимость тока от потока магнитного поля через контакт. 29. Практическое применение эффекта Джозефсона. СКВИД (качественное описание). / <ol style="list-style-type: none"> 1. Motion of an electron in a periodic potential. Bloch's theorem. 2. Weak and strong coupling approximations for calculating the energy metal spectra. 3. Thermionic phenomena in metal. Wiedemann-Franz law. 4. Peltier effect. Thermo emf 5. Metal in a high-frequency electromagnetic field. Normal skin effect. 6. Anomalous skin effect. The concept of inefficiency. 7. Landau diamagnetism and Pauli paramagnetism of an ideal Fermi gas. 8. Landau levels. Energy spectrum of an electron in a magnetic field. 9. Ginzburg-Landau theory of phase transition of the second kind. Temperature dependence of the order parameter near the phase transition of the second kind. 10. Limits of applicability of the Ginzburg-Landau theory, the Ginzburg-Landau criterion <p>Levanyuk.</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. The role of the Coulomb interaction and the quantum nature of magnetism in solids. 12. Ferromagnetic transition. Self-consistent field method Weiss. 13. Landau superfluidity criterion. 14. Londons' theory of superconductivity.
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>15. Quantization of the magnetic flux penetrating a thick superconducting ring.</p> <p>16. Basic properties of superconductors. Thermodynamics of superconductors (jump in heat capacity at the temperature of the superconducting transition).</p> <p>17. Phonon attraction between electrons in a metal.</p> <p>18. Formation of a Cooper pair. The binding energy of a Cooper pair.</p> <p>19. Energy spectrum of quasiparticles in a superconductor according to the BCS theory.</p> <p>20. Basic Equations of the Ginzburg-Landau Theory.</p> <p>21. Surface energy at the boundary between normal and superconducting phases in the Ginzburg-Landau theory.</p> <p>22. Correlation length and surface energy. Two kinds superconductors.</p> <p>23. Mixed state of superconductors of the second kind in a magnetic field.</p> <p>24. Magnetic properties of superconductors of the second kind: fields H_{c1} and H_{c2}.</p> <p>25. Abrikosov vortices. The concept of the Abrikosov vortex lattice.</p> <p>26. Tunnel effect in metals. Single particle current through tunnel contact of two normal metals (qualitative description).</p> <p>27. Josephson effect: superconducting current flowing through the contact of two superconductors. Dependence on the phase difference.</p> <p>28. Josephson effect: dependence of current on magnetic flux fields via contact.</p> <p>29. Practical application of the Josephson effect. SQUID (qualitative description).</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
P1	Курсовая работа / Course essay	ОПК-1-31;ОПК-1-32;УК-1-У1;УК-1-У2;ПК-1-В1	Освоение учебных материалов по разделам 1-4. Написание отчета по курсовой работе. /Development of educational materials in sections 1-4. Writing a coursework report.

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

Пример структуры экзаменационного билета:

1. Фундаментальный теоретический вопрос по нормальным свойствам металлов (Разделы 1,2,4)
2. Фундаментальный теоретический вопрос по сверхпроводящим свойствам металлов (Раздел 3).

Пример экзаменационного билета 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 курсовой работе:

5	«Отлично» Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает тему курсовой работы, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер
4	«Хорошо» Обучающийся в целом раскрывает тему курсовой работы, однако ответ хотя бы в одном подразделе не носит развернутого и исчерпывающего характера
3	«Удовлетворительно» Обучающийся в целом раскрывает тему курсовой работы и допускает ряд неточностей/
	Обучающийся фрагментарно раскрывает тему курсовой работы, 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	Абрикосов А. А.	Основы теории металлов: Для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Левич В. Г.	Т. 1: Теория электромагнитного поля. Теория относительности. Статистическая физика. Электромагнитные процессы в веществе	Библиотека МИСиС	, 1969
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

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
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 Электронная теория металлов/Electron theory of metals (на англ. языке) Доступ для студентов проходящих обучение по курсу. Размещен в LMS CANVAS: https://lms.misis.ru/courses/6510	https://lms.misis.ru/courses/6510
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

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 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 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.
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

<p>Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов.</p> <p>Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы, подготовку докладов, выполнение курсовых работ.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, семинарским и лабораторным занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.