

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКА СИЛЬНОКОРРЕЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
3	1	36	16	16	0		4	0	3
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе дается систематическое изложение теории сильнокоррелированных электронных систем, основных экспериментальных фактов и применений.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Задача курса – показать состояние одного из перспективных разделов современной физики твердого тела, дать основные подходы и теоретические модели.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина относится к числу специализирующих и может читаться после курса физики твердого тела или подобных

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-4 [1] – Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	3-УК-4 [1] – Знать: правила и закономерности личной и деловой устной и письменной коммуникации; современные коммуникативные технологии на русском и иностранном языках; существующие профессиональные сообщества для профессионального взаимодействия У-УК-4 [1] – Уметь: применять на практике коммуникативные технологии, методы и способы делового общения для академического и профессионального взаимодействия В-УК-4 [1] – Владеть: методикой межличностного делового общения на русском и иностранном языках, с применением профессиональных языковых форм, средств и современных коммуникативных технологий

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	научно-исследовательский		
участие в проведении	природные и	ПК-1 [1] - Способен	3-ПК-1[1] - Знать

<p>теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты;</p>	<p>социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>
<p>создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный</p>	<p>З-ПК-2[1] - Знать методики оценки и выбора методов исследования.; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать применяемые</p>

<p>моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>	<p>средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>стандарт: 06.001</p>	<p>методики и методы исследования; В-ПК-2[1] - Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>- квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен проводить математическое и компьютерное моделирование объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области. ; У-ПК-9[1] - Уметь применять методы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в</p>

использование алгоритмов и программ расчета их параметров	по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.		избранной предметной области; В-ПК-9[1] - Владеть навыками математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений
экспертно-аналитический			
сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий;	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-10 [1] - Способен к построению аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-10[1] - Знать основные методы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе. ; У-ПК-10[1] - Уметь применять методы и принципы построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе для решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера; В-ПК-10[1] - Владеть навыками построения аналитических и количественных моделей процессов в природе, технике и обществе и к выбору на их основе путей решения теоретических и практических проблем природного, экологического, технико-технологического характера

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2,

							У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-4, У-УК-4, В-УК-4
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-УК-

							4, У- УК-4, В- УК-4
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	8	0
1	<b>Тема 1</b> Типы основного состояния твердых тел. Понятие о сильнокоррелированных электронных системах (СКЭС). Примеры систем с необычным основным состоянием. Роль размерности и электронных корреляций в формировании основного состояния.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Тема 2</b> Основные взаимодействия в металлах и их конкуренция в формировании основного состояния и физических свойств. Косвенное обменное взаимодействие, гибридизация и Кондовское взаимодействие, потенциал кристаллического электрического поля, взаимодействие с решеткой.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 3</b> Эффект Кондо. Фундаментальные отличия систем на основе ионов с частично заполненными атомными оболочками (3,4,5)d, 4f и 5f электронов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 4</b> Стекольное состояние. Фрустрация. Теплоемкость и магнитная восприимчивость спинового стекла. Эффекты памяти. Транспортные свойства систем в стекольном состоянии. Киральное спиновое стекло.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 5</b> Слоистые магнитные системы. Гиганское магнитосопротивление (ГМС). Основные типы мультислойных систем. Магнитные полупроводники. Манганиты. Природа фазового расслоения. Электронное и магнитопримесное расслоения фаз. Применение ГМС.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Тема 6</b>	Всего аудиторных часов		

	Магнитные туннельные структуры (МТС). Классический и магнитный туннельные переходы. Модель Жульера МТС. Материалы для МТС. Магнитные туннельные контакты на основе манганитов. Спиновые детекторы. Эффекты переключения в МТС. Детектирующие свойства МТС.	1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7</b> Тяжелые фермионы (ТФ). Сравнение физических свойств ТФ и нормальных металлов. Решетка Кондо. Концепция Ферми-жидкости Ландау. Соотношения Зомерфельда и Кадоваки-Вуда. Модель Андерсона. Модель Дониаха. Композитные фермионы.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 8</b> Кондо изоляторы. Аналогия с полупроводниками. Переход изолятор-металл в изоляторе Кондо под действием магнитного поля. Сверхпроводимость в соединениях с тяжелыми фермионами. Нефоновый механизм сверхпроводимости.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Часть 2</b>	8	8	0
9 - 10	<b>Тема 9</b> Квантовая критичность. Роль квантовых флуктуаций. Переход классическая критичность – квантовая критичность. Квантовая критичность, как основа возникновения высокотемпературной сверхпроводимости и состояния с тяжелыми фермионами.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	<b>Тема 10</b> Низкоразмерные системы. Пайерлсовская неустойчивость на примере одномерного металла. Электронная восприимчивость (функция Линхарда). Жидкость Томанаго-Латинжера. Спиново-зарядовое расслоение. Вигнеровская кристаллизация. Переход спин-Пайерлса. Зарядовое упорядочение. Фрелиховская проводимость.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Тема 11</b> Волны зарядовой (ВЗП) и спиновой плотности (ВСП). Коллективный вклад в проводимость. Узкополосная генерация и ступеньки Шапиро. Полупроводниковая модель ВЗП. Квазидвумерные соединения с ВЗП.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Тема 12</b> Технические приложения СКЭС: термоэлектрические преобразователи энергии; магнетокалорические преобразователи; высокотеплоемкие добавки к сверхпроводникам; инвары; механические приводы; системы с коллапсом f-электронной оболочки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы

Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия с использованием компьютерных технологий и в виде лекций и самостоятельная работа студентов, заключающаяся в изучении пройденного материала и подготовке к письменным тестам. Для того чтобы дать современное состояние физики сильнокоррелированных систем, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в рамках Научной сессии НИЯУ МИФИ, а также в других московских университетах и институтах.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-10	З-ПК-10	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-10	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-10	З, КИ-8, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16
ПК-9	З-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-9	З, КИ-8, КИ-16
УК-4	З-УК-4	З, КИ-8, КИ-16
	У-УК-4	З, КИ-8, КИ-16
	В-УК-4	З, КИ-8, КИ-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 538.9 Б87 Квазичастицы в физике конденсированного состояния : , Москва: Физматлит, 2016
2. ЭИ Б 87 Квазичастицы в физике конденсированного состояния : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2010
3. ЭИ М 34 Материаловедение сверхпроводников на основе ВТСП, дигрида магния и пниктидов : Учебное пособие, М.: НИЯУ МИФИ, 2019

4. 539.2 М 34 Материалы современной электроники и спинтроники : , Москва: Физматлит, 2019
5. ЭИ К31 Методы Монте-Карло для физических систем : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
6. ЭИ Б 22 Моноксид европия для спинтроники : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
7. ЭИ А 76 Основы спинтроники : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
8. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.8 Сверхпроводящие материалы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021
9. 53 К31 Квантовые сильнокоррелированные системы: современные численные методы : учебное пособие для вузов, В. А. Кашурников, А. В. Красавин, Москва: МИФИ, 2007
10. ЭИ К31 Квантовые сильнокоррелированные системы: современные численные методы : учебное пособие для вузов, В. А. Кашурников, А. В. Красавин, Москва: МИФИ, 2007
11. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, В. И. Троян [и др.], Москва: МИФИ, 2008
12. 539.2 К55 Введение в нанотехнологию : , Н. Кобаяси, М.: Бином, Лаборатория знаний, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Т 41 Возбуждения в двумерных сильнокоррелированных электронных и электронно-дырочных системах : Высшая школа физики / ред. коллегия серии: В.П. Смирнов пред. [и др.]; вып. 3, Москва: МЭИ, 2016
2. 538.9 К 90 Физика наносистем : , Москва: ФИЗМАТЛИТ®, 2022
3. 539.2 И39 Электронная структура соединений с сильными корреляциями : , Москва. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009
4. 539.2 П58 Лекции по физике поверхности Ч.1 , , М.: МИФИ, 1994
5. 539.2 А98 Физика твердого тела Т.1 , , М.: Мир, 1979
6. 539.2 А98 Физика твердого тела Т.2 , , М.: Мир, 1979
7. 539.2 А67 Квантовая теория кристаллических твердых тел : , А. Анималу, М.: Мир, 1981
8. 538.9 З-56 Физика поверхности : , Зенгуил Э.;Пер.с англ., М.: Мир, 1990
9. 538.9 Б87 Квазичастицы в физике конденсированного состояния : , Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский, М.: Физматлит, 2005
10. 539.2 К55 Введение в нанотехнологию : , Н. Кобаяси, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2005
11. 537 У13 Квантовая теория магнетизма : , Р. Уайт; Пер. с англ., М.: Мир, 1985

12. 621.3 ИЗ9 Высокотемпературные сверхпроводники на основе FeAs - соединений : , Ю. А. Изюмов, Э. З. Курмаев, Москва. Ижевск: Институт компьютерных исследований. Регулярная и хаотическая динамика, 2010

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. сайт кафедры №70 НИЯУ МИФИ (<http://kaf70.mephi.ru/>)
2. сайт Американского физического общества (<http://www.aps.org>)
3. сайт издательства Elsevier ()

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При освоении дисциплины предполагается, что студенты знакомы с содержанием таких курсов, как уравнения математической физики, теория поля, электродинамика, квантовая механика, атомная физика, спектроскопия, физика твердого тела, электротехника и электроника, взаимодействие излучения с веществом, фазовые переходы в конденсированных средах.

Программой курса предусмотрено, что студент должен освоить основные понятия и закономерности, относящиеся к физическим явлениям, дающим основу сильнокоррелированным электронным системам (СКЭС).

При изучении сильнокоррелированных электронных систем необходимо уяснить роль размерности и электронных корреляций в формировании основного состояния. Знать основные взаимодействия в металлах, такие как косвенное обменное взаимодействие, гибридизация, кондовское взаимодействие, потенциал кристаллического электрического поля, взаимодействие с решеткой и роль их конкуренции в формировании основного состояния и физических свойств. Понимать отличия СКЭС от нормальных металлов: термодинамические, транспортные, магнитные свойства. Знать статические и динамические свойства СКЭС и их взаимосвязь.

Ориентироваться в теоретических методах и моделях в физике СКЭС.

Владеть описанием СКЭС при помощи корреляционных функций, критериями универсальности в физике СКЭС и низкоразмерных систем.

Знать основные экспериментальные методы исследования СКЭС,

Ориентироваться в технических приложениях СКЭС.

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

При освоении дисциплины предполагается, что студенты знакомы с содержанием таких курсов, как уравнения математической физики, теория поля, электродинамика, квантовая механика, атомная физика, спектроскопия, физика твердого тела, электротехника и электроника, взаимодействие излучения с веществом, фазовые переходы в конденсированных средах.

Программой курса предусмотрено, что студент должен освоить основные понятия и закономерности, относящиеся к физическим явлениям, дающим основу сильнокоррелированным электронным системам (СКЭС).

При изучении сильнокоррелированных электронных систем необходимо уяснить роль размерности и электронных корреляций в формировании основного состояния. Знать основные взаимодействия в металлах, такие как косвенное обменное взаимодействие, гибридизация, кондовское взаимодействие, потенциал кристаллического электрического поля, взаимодействие с решеткой и роль их конкуренции в формировании основного состояния и физических свойств. Понимать отличия СКЭС от нормальных металлов: термодинамические, транспортные, магнитные свойства. Знать статические и динамические свойства СКЭС и их взаимосвязь.

Ориентироваться в теоретических методах и моделях в физике СКЭС.

Владеть описанием СКЭС при помощи корреляционных функций, критериями универсальности в физике СКЭС и низкоразмерных систем.

Знать основные экспериментальные методы исследования СКЭС,

Ориентироваться в технических приложениях СКЭС.

Автор(ы):

Синченко Александр Андреевич, к.ф.-м.н.

Красавин Андрей Валерьевич, к.ф.-м.н., доцент