

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ФИЗИКА СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии
[2] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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
9	5-6	180- 216	18	36	0	90- 126	0	Э
Итого	5-6	180- 216	18	36	0	18 90- 126	0	

АННОТАЦИЯ

Вводятся основные понятия, разбираются базовые теоретические модели, сообщается современное состояние данной области. Слушатели знакомятся с применением фазовых переходов, магнитных материалов и сверхпроводимости в современной промышленности и физическом эксперименте.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

понимание физики фазовых явлений и переходов, их роли в современной промышленности и физическом эксперименте,

знакомство с современными теоретическими представлениями, основными моделями фазовых переходов и понятием классов универсальности,

владение основными понятиями и моделями физики магнитных явлений в твердом теле и сверхпроводимости.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина читается на старших курсах, после курса физики твёрдого тела или параллельно ему.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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
производственно-технологический			
сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; участие в модернизации	техническое задание, текущие рабочие материалы и документация по проекту	ПК-8.4 [2] - Способен готовить исходные данные, налаживать экспериментальные стенды и установки для обеспечения выполнения научных исследований, проводить расчетные	З-ПК-8.4[2] - знать возможности современных экспериментальных установок в области физики твердого тела и фотоники; У-ПК-8.4[2] - уметь налаживать

<p>существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственно-технологических процессов и готовой продукции в квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров; контроль соответствия выполненных работ требованиям технического задания и соотношения получаемых результатов с известными мировыми разработками и образцами в данной области исследований. составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование и т.п.), а также установленной отчетности по утвержденным формам.</p>		<p>исследования и измерения физических характеристик на экспериментальных стендах и установках</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>экспериментальные стенды и установки, снимать, обрабатывать и интерпретировать результаты измерений, проводить необходимые исследования;</p> <p>В-ПК-8.4[2] - владеть навыками уверенного владения специализированной научной аппаратурой в области физики конденсированного состояния вещества и фотоники</p>
--	--	---	---

проектный			
<p>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; 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; разработка проектной и рабочей технической документации: плана работ, технического задания и научно-технического отчета.</p>	<p>компьютерные алгоритмы и программы, техническая документация</p>	<p>ПК-8.5 [2] - Способен проводить эскизное и предэскизное проектирование установок физики конденсированного состояния вещества и фотоники, а также планирование самих экспериментов в области физики лазеров и физики конденсированного состояния вещества</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-8.5[2] - знать схемы основных экспериментов и численные оценки для исследований в области физики твердого тела и фотоники; У-ПК-8.5[2] - уметь проводить эскизное и предэскизное проектирование установок физики конденсированного состояния вещества и фотоники; В-ПК-8.5[2] - владеть принципами эскизного и предэскизного проектирования установок</p>
организационно-управленческий			
<p>подготовка документации для создания системы менеджмента качества предприятия; подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных</p>	<p>исходные данные для проекта, результаты анализа, итоговая документация</p>	<p>ПК-8.6 [2] - Способен разрабатывать технические требования и задания на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей</p>	<p>З-ПК-8.6[2] - знать принципы разработки технических требований и заданий на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей;</p>

<p>решений на основе экономического анализа; участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей;</p>		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>У-ПК-8.6[2] - уметь формулировать исходные данные и выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования и эксплуатации установок физики твердого тела и фотоники, разрабатывать и оформлять соответствующую документацию; В-ПК-8.6[2] - владеть навыками основных расчётов при проектировании</p>
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>9 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	9/18/0		25	КИ-8	3-ПК-8.4, У-ПК-8.4, В-ПК-8.4, 3-ПК-

							8.5, У- ПК- 8.5, В- ПК- 8.5, 3-ПК- 8.6, У- ПК- 8.6, В- ПК- 8.6
2	Часть 2	9-16	9/18/0		25	КИ-16	3-ПК- 8.4, У- ПК- 8.4, В- ПК- 8.4, 3-ПК- 8.5, У- ПК- 8.5, В- ПК- 8.5, 3-ПК- 8.6, У- ПК- 8.6, В- ПК- 8.6
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		18/36/0		50		
	Контрольные мероприятия за 9 Семестр				50	Э	3-ПК- 8.4, У- ПК- 8.4, В- ПК- 8.4, 3-ПК- 8.5, У- ПК-

							8.5, В- ПК- 8.5, 3-ПК- 8.6, У- ПК- 8.6, В- ПК- 8.6
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>9 Семестр</i>	18	36	0
1-8	Часть 1	9	18	0
1	Тема 1. Понятие фазы. Фазовые переходы 1 и 2 рода. Классы универсальности. Параметр порядка. Спонтанное нарушение симметрии. Теория Ландау фазовых переходов 2 рода.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2. Элементы статистической физики. Распределение Гиббса, статистическая сумма, свободная энергия, энтропия, теплоёмкость.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3. Магнитные свойства вещества. Классификация: парамагнетики, диамагнетики, ферромагнетики. Характерные порядки величин, рекордные значения магнитного поля в разных экспериментах. Магнетон Бора.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4. Теория парамагнетизма. Модели Изинга и Ланжевена. Магнитная восприимчивость. Закон Кюри. Парамагнетизм Паули.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5. Теория ферромагнетизма. Модели Изинга и Гейзенберга. Приближение среднего поля. Самосогласованное уравнение для параметра порядка. Поле Вейсса. Критическая температура перехода.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Закон Кюри-Вейсса.			
6	Тема 6. Обменное взаимодействие. Обменный интеграл. Кривая Бёте. Антиферромагнетизм. Ферромагнетизм. Основные факты, графики и соотношения. Зонный магнетизм.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7. Кривая намагничивания ферромагнетика. Петля гистерезиса. Доменная структура. Явление суперпарамагнетизма. Современные применения магнитных материалов.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8. Квантовая модель Гейзенберга. Спиновые операторы вторичного квантования. Матрицы Паули, коммутационные соотношения. Спиновые волны. Закон дисперсии магнонов. Эффективная масса ферромагнонов.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	9	18	0
9	Тема 9. Явление бозе-эйнштейновской конденсации. Основные соотношения и графики. Экспериментальные факты.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10. Явление сверхтекучести. Основные эксперименты. Двухжидкостная модель. Критерий сверхтекучести Ландау.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11. Сверхпроводимость. Обзор. Основные экспериментальные факты. Характерные величины. Высокотемпературные сверхпроводники. Применения сверхпроводимости - сильноточные и слаботочные. Эффект Мейснера-Оксенфельда. Промежуточное и смешанное состояния сверхпроводника. Кривая намагниченности сверхпроводника $M(H)$. Критическое магнитное поле. Критическая плотность тока.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12. Уравнения Гинзбурга-Ландау. Свободная энергия и параметр порядка. Вывод уравнений. Характерные длины. Глубина проникновения. Длина корреляции. Применения и успехи. Концентрация сверхпроводящих электронов. Уравнение Лондонов. Квант магнитного потока. Квантование магнитного потока в сверхпроводнике.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13. Туннельный эффект. Вольт-амперная характеристика SNS-контакта. Эффект Джозефсона (стационарный и нестационарный). Слабая связь. Сверхпроводящий интерферометр ("сквид").	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14. Теория БКШ (Бардина-Купера-Шриффера). Электрон-фононное взаимодействие. Куперовские пары. Основное состояние и параметр порядка в теории БКШ. Основное уравнение БКШ. Критическая температура. Изотопический эффект. Спектр элементарных возбуждений в сверхпроводнике. Оценка максимальной критической температуры для классических сверхпроводников. Интерес к металлическому водороду и гидридам металлов при высоком давлении	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

15	Тема 15. Сверхпроводники второго рода. Особенности и применения. Вихри Абрикосова. Пиннинг вихрей. Современные ВТСП-ленты.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
16	Тема 16. Обзор современных сверхпроводящих материалов. Новые достижения и тенденции.	Всего аудиторных часов		
		2	4	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>9 Семестр</i>
1 - 2	Формулы статистической механики, необходимые для исследования фазовых переходов. Температура, внутренняя энергия системы, энтропия, свободная энергия. Распределение Гиббса, статистическая сумма, статистический вес. Теплоёмкость. Скрытая теплота перехода для фазового перехода 1 рода. Парамагнетик - система невзаимодействующих магнитных моментов. Статистическая сумма, энергия и намагниченность в зависимости от температуры и внешнего поля. Магнитная восприимчивость.
3 - 4	Ферромагнитная модель Изинга в приближении среднего поля. Статистическая сумма. Уравнение для параметра порядка. Температура Кюри. Оценка величины обменного интеграла.
5 - 6	Антиферромагнетик в модели Изинга. Ферромагнетик в классической модели Гейзенберга. Статистическая сумма. Уравнение для параметра порядка. Температура Кюри.
7 - 8	Бозе-конденсация, сверхтекучесть гелия-4. Критерий сверхтекучести Ландау. Бозе-конденсация атомов щелочных металлов. Численные оценки.
9 - 10	Электродинамика массивных сверхпроводников. Эффект Мейснера. Глубина проникновения магнитного поля. Сверхпроводящий шар в однородном магнитном поле. Квантование магнитного потока. Численные оценки.

11 - 12	Куперовские пары. Теория БКШ. Энергия квазичастиц и щель в спектре возбуждений. Туннельный эксперимент.
13 - 14	Уравнения Гинзбурга-Ландау. Глубина проникновения и длина когерентности.
15 - 16	Эффект Джозефсона. Слабая связь.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для успешного освоения материала курса рекомендуется посещение научных семинаров, конференций, проводимых в НИЯУ МИФИ и институтах РАН, популярных лекций приглашенных ученых, знакомство с современной научной литературой и статьями в ведущих научных журналах. В случае научно-исследовательской работы в лаборатории, занимающейся по сходной тематике, рекомендуется более глубокая проработка избранных тем курса с научным руководителем

7. 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-8.4	З-ПК-8.4	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8.4	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.4	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.5	З-ПК-8.5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8.5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-8.6	З-ПК-8.6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-8.6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-8.6	Э, 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»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 93 Курс физики Т. 3 Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, : , 2022
2. ЭИ Б 83 Лекции по магнетизму : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2005
3. ЭИ С 76 Стабилизация сверхпроводящих магнитных систем : учебник, Москва: МЭИ, 2019
4. ЭИ Т 33 Теоретическая физика Т. 5 Статистическая физика. В 2 ч. Ч. 1, : , 2021
5. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.8 Сверхпроводящие материалы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2021
6. ЭИ С24 Сверхтекучесть и бозе-конденсация : учебное пособие для вузов, В. А. Кашурников [и др.], Москва: МИФИ, 2008

7. 538.9 С24 Сверхтекучесть и бозе-конденсация : учебное пособие для вузов, В. А. Кашурников [и др.], Москва: МИФИ, 2008
8. ЭИ К31 Современные проблемы физики конденсированного состояния : , В. А. Кашурников, А. В. Красавин, Москва: МИФИ, 2008
9. 536 К31 Численные методы квантовой статистики : , В. А. Кашурников, А. В. Красавин, Москва: Физматлит, 2010
10. 538.9 Е50 Физика фазовых переходов : Учеб. пособие, Елесин В.Ф., Кашурников В.А., М.: МИФИ, 1997

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 538.9 Б87 Квазичастицы в физике конденсированного состояния : , Москва: Физматлит, 2016
2. ЭИ М 34 Материаловедение сверхпроводников на основе ВТСП, дигорида магния и пниктидов : Учебное пособие, М.: НИЯУ МИФИ, 2019
3. ЭИ К31 Методы Монте-Карло для физических систем : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. ЭИ К31 Методы точной диагонализации в квантовой физике : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. 538.9 Д 53 Основы статистической физики конденсированного состояния : , Москва: URSS, 2018
6. 538.9 К12 Физика макроскопических квантовых систем : курс лекций; семинары, Москва: Издательский дом МЭИ, 2014
7. ЭИ К 31 Численные методы квантовой статистики : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2010
8. 539.2 К31 Современные проблемы физики твердого тела Ч.2 Высокотемпературная сверхпроводимость, , Москва: МИФИ, 2002
9. 53 К31 Квантовые сильнокоррелированные системы: современные численные методы : учебное пособие для вузов, В. А. Кашурников, А. В. Красавин, Москва: МИФИ, 2007
10. 669 В73 Сверхпроводимость переходных металлов, их сплавов и соединений : , Вонсовский С.В., Изюмов Ю.А., Курмаев Э.З., М.: Наука, 1977
11. 537 В73 Магнетизм : , С.В. Вонсовский, М.: Наука, 1984
12. 537 Т42 Введение в сверхпроводимость : , Тинкхам М.; Пер. с англ., М.: Атомиздат, 1980
13. 538.9 Ш73 Введение в физику сверхпроводников : , Шмидт В.В., Москва: МЦНМО, 2000

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении дисциплины необходимо твердо усвоить современный взгляд на классификацию фазовых переходов. На примере фазовых переходов парамагнетик-ферромагнетик, парамагнетик-антиферромагнетик необходимо уметь формулировать и использовать приближение среднего поля, анализировать тип фазового перехода, рассчитывать температурные характеристики. Иметь представление об осях и плоскостях легкого намагничивания, об температуре Кюри и Вейсса.

Следует овладеть современным математическим и физическим аппаратом в области физики фазовых переходов и быть в состоянии продемонстрировать основные критерии фазового превращения.

Следует усвоить микроскопический подход к описанию сверхпроводимости как типичному примеру квантового фазового перехода по Бардину, Куперу и Шрифферу, а также феноменологический подход Гинзбурга-Ландау. Уметь описывать основное и возбужденные состояния сверхпроводника, термодинамические характеристики.

Знать такие явления, как экранировка магнитного поля сверхпроводником, квантование магнитного потока, критические магнитные поля, критический ток. Иметь представление о вихревом состоянии сверхпроводника.

Предполагается, что студент изучил основные разделы курсов «Квантовая механика», «Статистическая физика», «Электродинамика», «Физика твердого тела». Знает и умеет пользоваться следующими понятиями, методами, законами и уравнениями термодинамики: функция распределения, свободная энергия, энтропия, теплоёмкость, физики конденсированного состояния вещества: кристаллические структуры, фононы, дефекты, теории металлов: зонная структура, квазичастицы - электроны и дырки проводимости, поверхность Ферми.

В результате освоения данной дисциплины студент должен знать основные экспериментальные факты и базовые теоретические модели, используемые в физике фазовых переходов, сверхпроводимости и магнетизма, их основные применения в промышленности и физическом эксперименте.

Курс направлен, в частности, на профессиональное ориентирование студента, для выбора научной группы и темы дипломной работы. Знания и умения, приобретенные студентом при освоении данной дисциплины, проверяются в государственном экзамене по специальности.

Типичные задачи для семинарских занятий с методическими указаниями для их решения представлены в следующих учебниках и учебных пособиях:

[1] Елесин В.Ф., Кашурников В.А. Физика фазовых переходов. Учебное пособие. М.: МИФИ, 1997, 177с;

[2] Шмидт В.В. Введение в теорию сверхпроводников. М., 1982.

[3] Л.Д.Ландау и Е.М.Лифшиц Теоретическая физика в 10 томах. Том 5: Статистическая физика, Часть 1. М.:Наука, 1976

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Необходимо показать студентам современные взгляды на физику фазовых переходов, познакомить с основными аналитическими методами исследования критических точек, с физикой магнитных систем, с современной теорией взаимодействующего электронного газа в веществе и с физикой сверхпроводимости. Научить методам теории среднего поля, критериям определения точек фазового перехода, критических индексов, теорией Ландау фазовых переходов второго рода. Познакомить с различными примерами фазовых переходов первого и второго рода в физике конденсированного состояния, с различными моделями сильнокоррелированных систем. Курс опирается на материал следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: квантовая механика, теория вероятностей, статистическая физика и термодинамика, теоретическая и экспериментальная физика твердого тела.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики и специальным физическим дисциплинам: квантовая механика, статистическая физика, физика твердого тела. Необходимо уметь работать с матрицами, решать задачи на собственные значения, знать аппарат вторичного квантования, основные типы квантовой статистики. Необходимо ориентироваться в задачах физики твердого тела, в кристаллических решетках, в фононной и электронной подсистеме твердого тела, в магнитных явлениях.

В рамках курса следует рассмотреть современные взгляды на физику фазовых переходов на примере широкого класса моделей, в частности в рамках теории среднего поля: теорию магнитного упорядочения, теорию Ван дер Ваальса, феноменологическую теорию фазовых переходов Ландау для описания термодинамических фазовых переходов. Следует представить широкий спектр моделей конденсированного состояния: модели Изинга, Гейзенберга и Хаббарда, взаимодействующие Ферми- и Бозе-газы, бозонную модель Хаббарда. Необходимо рассмотреть различные типы магнитного упорядочения: ферромагнитное, антиферромагнитное, спиновые волны, зонный ферромагнетизм. Значительное внимание следует уделить также таким фазовым превращениям, как плавление и отвердевание, переходы металл - диэлектрик, бозе - конденсация. Наряду с приближенными результатами теории среднего поля обязательно нужно рассмотреть ряд точнорешаемых низкоразмерных задач (одномерная и двумерная модели Изинга, одномерная модель Хаббарда), для которых удастся точно получить ответ на наличие или отсутствие фазового перехода.

Во второй части курса следует рассмотреть явление сверхпроводимости как ярчайший пример фазового перехода в конденсированном состоянии. Обсудить эксперимент и теорию, модель Бардина-Купера-Шриффера и теорию Гинзбурга-Ландау. Рассмотреть термодинамические и неравновесные свойства сверхпроводников, спектр возбуждений, токовые и магнитные явления, классы сверхпроводников. Обсудить проблемы современного состояния, применения явления сверхпроводимости.

Автор(ы):

Карцев Петр Федорович, к.ф.-м.н.