

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

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, экз./зач./КР/КП
7	2	72	32	0	16		24	0	3
Итого	2	72	32	0	16	8	24	0	

АННОТАЦИЯ

При изучении дисциплины рассматриваются основы теории электрических, магнитных, сверхпроводящих, тепловых и упругих свойств твердых тел, их зависимости от температуры, состава и структуры материалов. В лабораторном практикуме выполняются 4 лабораторные работы по основным разделам дисциплины.

Основными формами отчетности студентов по дисциплине являются сдача 2-х коллоквиумов, 4-х лабораторных работ, решение задач у доски, подготовка доклада, зачет.

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, лабораторным работам и зачету, а также подготовку докладов и решение задач. Проводится самостоятельный просмотр учебных фильмов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является привитие студентам навыков выбора материалов с заданными свойствами и анализа изменения свойств материалов при изменении условий их получения и последующей эксплуатации.

В задачи дисциплины входит установление зависимостей электрических, магнитных, тепловых и упругих свойств твердых тел от их химического и фазового состава, структуры, степени деформации и атомно-электронного строения.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин: « Математика: математический анализ, векторный и тензорный анализ, интегральные уравнения», « Математика: аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория вероятностей и математическая статистика», « Математика: обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного», « Физика: механика, молекулярная физика и основы статистической термодинамики, электричество и магнетизм», « Химия элементов и соединений», « Ядерная физика и реакторы», «Физика газов, жидкостей и конденсированного состояния», «Строение вещества и динамика молекул».

Данная дисциплина является базой для изучения специальных дисциплин «Физическое материаловедение», «Функциональные и конструкционные материалы», «Реакторные материалы», «Методы исследования реакторных материалов», «Нanomатериалы и нанотехнологии», «Материалы с особыми физическими свойствами».

Знание ее содержания необходимо при выполнении работ по проектированию, НИРС, а также при практической работе выпускников.

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
научно-исследовательский			
участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору материалов, оценке их технологических и служебных качеств путем комплексного анализа их структуры и свойств, физико-механических, коррозионных и других испытаний	методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик	ПК-1.1 [1] - способен применять профессиональные знания для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1.1[1] - Знать основы теоретической физики твердого тела, физики конденсированного состояния и физического материаловедения; У-ПК-1.1[1] - уметь анализировать теоретические и экспериментальные данные для разработки новых конструкционных и функциональных материалов с заданным уровнем свойств и структурных характеристик; В-ПК-1.1[1] - владеть навыками разработки новых конструкционных и функциональных материалов с заданным структурно-фазовым состоянием и комплексом свойств
сбор данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз	основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и	ПК-1.2 [1] - способен применять знания об основных типах современных материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований	З-ПК-1.2[1] - знать основные типы современных материалов, а также подходы к выбору материалов для заданных условий эксплуатации; У-ПК-1.2[1] - уметь

данных и литературных источников	углеродных) материалов, композитов и гибридных материалов, сверхтвердых материалов, интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий	технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	выбрать материал для заданных условий эксплуатации; В-ПК-1.2[1] - владеть основными подходами при выборе материалов для заданных условий эксплуатации
сбор данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников	основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов, композитов и гибридных материалов, сверхтвердых материалов, интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий	ПК-2 [1] - способен использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2[1] - знать основные представления о структуре материалов и влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; ; У-ПК-2[1] - уметь анализировать влияние структуры материалов на их свойства, а также ее эволюцию при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; ; В-ПК-2[1] - владеть практическими навыками анализа эволюции структурно-фазового состояния материалов при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями и влияния этой эволюции на свойства материалов.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская

	мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	---

5. 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>7 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/0/8		20	Кл-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1,

							В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Часть 2	9-14	12/0/6		20	Кл-14	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
3	Часть 3	15-16	4/0/2		10	ЛР-16	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/0/16		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

* – 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
Кл	Коллоквиум
ЛР	Лабораторная работа
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
--------	---------------------------	------------	----------------	------------

	7 Семестр	32	0	16
1-8	Часть 1	16	0	8
1 - 2	Электропроводность в теории свободных электронов Электропроводность в теории свободных электронов. Электропроводность с точки зрения зонной теории. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковые материалы. Температурная зависимость электропроводности металлов и полупроводников. Связь электропроводности со строением сплавов. Сплавы для проводников и элементов сопротивления. Методы определения электропроводности. Контактные явления.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Диа- и парамагнетизм Диа- и парамагнетизм. Парамагнетизм свободных электронов. Основные группы диа- и парамагнетиков. Магнитное упорядочение. Обменная энергия. Точки Кюри и Нееля. Ферро-, ферри- и антиферромагнетики.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Причины образования доменов в ферромагнетиках Причины образования доменов в ферромагнетиках. Однодоменные материалы. Доменная теория намагничивания. Факторы, влияющие на характеристики ферромагнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Магнитные свойства твердых растворов. Методы определения	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Явление сверхпроводимости Явление сверхпроводимости. Основные характеристики сверхпроводников и методы их определения. Теория БКШ. Понятие энергетической щели в сверхпроводниках. Сверхпроводники 1 и 2-го рода. Основные положения теорий ГЛАГ. Квантование магнитного потока. Центры пиннинга. Критический ток и методы его повышения. Сверхпроводящие материалы. Композитные сверхпроводники.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-14	Часть 2	12	0	6
9 - 10	Модели теплоемкости Дебая и Эйнштейна Модели теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Характеристическая температура и методы ее определения. Скорость распространения упругих волн в твердом теле. Электронная теплоемкость. Вклад в теплоемкость ангармонизма и вакансий. Температурная зависимость теплоемкости. Теплоемкость сплавов. Методы определения теплоемкости.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Теплопроводность металлов Теплопроводность металлов. Закон Видемана-Франца. Теплопроводность диэлектриков. Температурная зависимость теплопроводности твердых тел. Теплопроводность сплавов и соединений. Методы абсолютного и относительного определения теплопроводности, метод Кольрауша. 13-14 недели	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Термическое расширение и плотность твердых тел Термическое расширение и плотность твердых тел. Формула Грюнайзена. Ангармонизм колебаний. Вклад	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		

	электронов и магнитного взаимодействия в термическое расширение. Температурная зависимость коэффициента термического расширения. Корреляция коэффициента линейного	0	0	0
15-16	Часть 3	4	0	2
15 - 16	Упругие свойства твердых тел Упругие свойства твердых тел. Корреляция модуля упругости с другими характеристиками. Температурная зависимость модуля упругости. Упругость сплавов. Методы определения модулей упругости. Внутреннее трение. Механизмы внутреннего трения. Применение метода внутреннего трения.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 4	Лабораторная работа № 1 Электропроводность металлов и сплавов.
5 - 8	Лабораторная работа № 2 Определение температурной зависимости намагничивания и температуры Кюри ферромагнетика.
9 - 11	Лабораторная работа № 3 Теплоемкость металлов и сплавов металлов и сплавов или Теплопроводность металлов и сплавов.
12 - 14	Лабораторная работа № 4 Определение модуля нормальной упругости и внутреннего трения металлов и сплавов звуковым методом.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы учебной дисциплины используются различные образовательные технологии – занятия проводятся в форме лекций и лабораторного практикума. Лекции и лабораторный практикум охватывают практически все разделы учебного курса. Им предшествует чтение лекций по тематике.

Для контроля усвоения студентом разделов данного курса используются тестовые технологии, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы. Проводится показ учебных фильмов «Диа- и парамагнетизм», «Ферромагнетизм», «Магнитные домены» и частично «Переходные металлы».

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-1.1	З-ПК-1.1	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	У-ПК-1.1	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	В-ПК-1.1	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	У-ПК-1.2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	В-ПК-1.2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
ПК-2	З-ПК-2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	У-ПК-2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-16
	В-ПК-2	З, Кл-8, Кл-14, ЛР-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			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	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.
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. 669 Е52 Теплоёмкость металлов и сплавов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Зуев М.Т., Елманов Г.Н., Смирнов Е.А., Москва: МИФИ, 2007
2. 669 Е52 Теплопроводность металлов и сплавов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Зуев М.Т., Елманов Г.Н., Смирнов Е.А., Москва: МИФИ, 2007
3. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , : МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 1 П 78 Проблема времени в современной науке: подходы и модели : , , Ростов-на-Дону: Изд-во "НОК", 2016
2. 669 Л55 Физические свойства металлов и сплавов : Учебник для вузов, Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л., М.: Металлургия, 1980

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

Основными формами отчетности студентов по дисциплине являются 2 письменных коллоквиума (Электрические и магнитные свойства материалов; Тепловые свойства материалов), 4 лабораторных работ (Электропроводность металлов и сплавов; Определение температурной зависимости намагничивания и температуры Кюри ферромагнетика; Определение модуля нормальной упругости и внутреннего трения металлов и сплавов звуковым методом; Теплоемкость металлов и сплавов и Теплопроводность металлов и сплавов) и зачет.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы и учебных фильмов для подготовки к коллоквиумам и зачету, самостоятельное решение задач для подготовки к коллоквиуму и предъявлению на зачете.

Коллоквиум № 1 содержит тестовые вопросы (на выбор правильного ответа) и 1 практическое задание.

Коллоквиум № 2 содержит тестовые вопросы (на выбор правильного ответа) и вопросы на краткий ответ или построение зависимости.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Основные материалы для проведения лекций изложены в учебнике: Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 7 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. Том 1: Физика твердого тела / Г. Н. Елманов, Г. Н., А. Г. Залужный, В. И. Скрытный, Е. А. Смирнов, В. Н. Яльцев, Ю.А.Перлович. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012

Ниже приведены ссылки на страницы данного учебника, используемые при чтении лекций.

1. Электрические свойства материалов

Электропроводность в классической и квантовой теории свободных электронов. Электропроводность с точки зрения зонной теории. Проводники, полупроводники, изоляторы. (с.486-494)

Собственная и примесная проводимость в полупроводниках. Донорная и акцепторная проводимость. Компенсированная проводимость в полупроводниках. Аморфные полупроводники. Технические полупроводниковые материалы (моно- и поликристаллические, аморфные). (с.494-496)

Температурная зависимость электропроводности металлов и полупроводников. Правило Маттисена. Остаточное электросопротивление. (с.497–503)

Связь электропроводности со строением сплавов. Изменение электрических свойств при деформации и фазовых превращениях (404 – 405, 412, 506–513)

Методы определения электропроводности. Метод двойного моста, метод амперметра-вольтметра, бесконтактные методы определения электропроводности. Контактные явления. Термоэдс. Особенности измерения электросопротивления при низких температурах (Лившиц

Б. Г. Карпошин В.С, Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Metallurgy, 1980, с.134-135)

Нормальный и аномальный эффект Холла с точки зрения зонной теории. * (503-506)

Явление сверхпроводимости. Основные характеристики сверхпроводников и методы их определения. Теория БКШ. Понятие энергетической щели в сверхпроводниках. Сверхпроводники 1 и 2-го рода. Основные положения теорий ГЛАГ. Квантование магнитного потока. Центры пиннинга. Критический ток и методы его повышения. Сверхпроводящие материалы. Композитные сверхпроводники. (с.513-521)

2. Магнитные свойства материалов

Классификация магнетиков. Диа- и парамагнетизм. Парамагнетизм свободных электронов. Основные группы диа- и парамагнетиков. (с.521-524,528-540)

Магнитное упорядоченные магнетики. Обменная энергия. Точки Кюри и Нееля. Магнитное упорядочение. Особенности спинового упорядочения в 3-d и 4-f металлах. Обменная энергия. Кривая Бете. Связь обменной энергии с температурой Кюри. Точки Кюри и Нееля. Необходимое и достаточные условия существования ферромагнетизма. Магнитострикция. Ферро-, ферри- и антиферромагнетики.

Причины образования доменов в ферромагнетиках. Однодоменные материалы. Доменная теория намагничивания. Факторы, влияющие на характеристики ферромагнитных материалов. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Магнитные свойства твердых растворов. Методы определения магнитных характеристик твердых тел. (с.540-559).

3. Тепловые свойства материалов

Понятие о нормальных колебаниях и фононах. Средняя энергия фононов и их концентрация в зависимости от температуры. Оптическая и акустическая моды колебаний. Фононный спектр (спектр колебаний) в твердых телах. (с.559-564)

Связь C_v и C_p в твердых телах. Модели теплоемкости Дебая и Эйнштейна**. Характеристическая температура Дебая и методы ее определения. Скорость распространения упругих волн в твердом теле. Экспериментальные методы определения скорости распространения упругих волн. Электронная теплоемкость. Вклад в теплоемкость ангармонизма колебаний и вакансий. Температурная зависимость теплоемкости. Теплоемкость сплавов и соединений.(с.564-585)

Теплопроводность и температуропроводность. Основные механизмы теплопереноса в твердых телах. Теплопроводность металлов. Решеточный и электронный вклады в теплопроводность металлов и металлических сплавов. Температурная зависимость теплопроводности металлов в области высоких температур. Закон Видемана-Франца. Число Лоренца. Изменение теплопроводности с составом сплавов

Теплопроводность диэлектриков. Температурная зависимость теплопроводности диэлектриков. Экстремальный характер теплопроводности в области низких температур. Связь теплопроводности диэлектриков с другими физическими характеристиками. (с.585-598)

Термическое расширение и плотность твердых тел. Формула Грюнайзена. Ангармонизм колебаний. Вклад электронов и магнитного взаимодействия в термическое расширение. Температурная зависимость коэффициента термического расширения. Корреляция коэффициента линейного расширения с другими характеристиками. Термическое расширение сплавов. Инварный эффект. Дилатометрия. (с.598-606)

4. Упругие свойства твердых тел и релаксационные явления. Корреляция модуля упругости с другими характеристиками. Температурная зависимость модуля упругости.

Упругость сплавов. Методы определения модулей упругости. Внутреннее трение. Механизмы внутреннего трения. Применение метода внутреннего трения. (606-624)

*- тема изучается самостоятельно

** - тема (вывод формул теплоемкости по Дебаю и Эйнштейну) изучается самостоятельно

Задачи для решения на практических занятиях изложены в задачнике: Смирнов Е.А., Елманов Г.Н., Исаенкова М.Г. Сборник задач по физике конденсированного состояния: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012.

Использование мультимедийных средств обучения

По разделу 2 (Магнитные свойства материалов) проводится показ учебных фильмов «Диа- и парамагнетизм» (9 мин), «Ферромагнетизм» (15 мин), «Магнитные домены» (17 мин) и частично «Переходные металлы».

Для всех разделов дисциплины подготовлены задания для самостоятельного изучения, список вопросов для коллоквиумов, а также тесты и перечень вопросов, выносимых на зачет.

Автор(ы):

Елманов Геннадий Николаевич, к.т.н., доцент