

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.05
Трудоемкость в зачетных единицах	3 семестр - 3
Часов (всего) по учебному плану	108
Лекции	3 семестр - 16 часов
Практические занятия	учебным планом не предусмотрены
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов
Консультации по курсовому проекту/ работе	учебным планом не предусмотрены
Самостоятельная работа	3 семестр – 40 часов
включая: РГР	3 семестр – 10 часов
Промежуточная аттестация: экзамен	3 семестр – 2,5 часа
Контроль: экзамен	3 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Профессор кафедры ФД, д.ф.-м.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

В.Г. Кульков

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой ФД

(название кафедры)



(подпись)

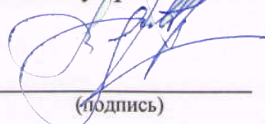
Н.Г. Ходырева

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

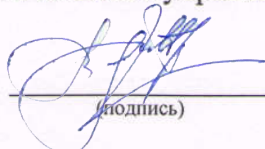
М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

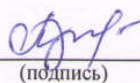
Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

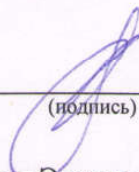
Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий

Профессор кафедры Энергетики,
д.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

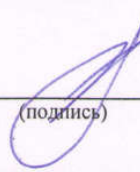
М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий

Профессор кафедры Энергетики,
д.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

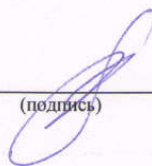
И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой
Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины. Изучение основных физических законов и механизмов процессов в конденсированном состоянии вещества. Расширение научно-технического кругозора.

Задачами дисциплины являются:

- освоение современных представлений о строении и свойствах тел в твердом и жидком состоянии;
- приобретение навыков оценки роли основных физических процессов при эксплуатации материалов в конденсированном состоянии и изделий из них;
- формирование широкого научно-технического кругозора.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1. Осуществляет сбор и анализ исходных данных для исследования энергообъектов	знать: <ul style="list-style-type: none">– основы строения и свойств твердых тел,– тепловые и электрические свойства твердых тел, основы зонной теории кристаллов.– основные понятия о сверхпроводящем состоянии вещества уметь: <ul style="list-style-type: none">– проводить основные эксперименты по анализу качества исследуемых материалов.– анализировать результаты наблюдений и экспериментов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на уровне бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Контроль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Основы строения и свойств твердых тел	24	3	4	–	4	–	–	–	16	–	Изучение теоретического материала [1] стр. 9-16, 22-47. [2] стр. 4-34. [3] стр. 5-61. Подготовка к лабораторным занятиям.	
2	Тепловые свойства твердых тел	8	3	2	–	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического материала [1] стр. 47-49. [2] стр. 89-112. [3] стр. 76-89.	
3	Электронная теория металлов	17	3	3	–	8	–	–	–	6	–	Изучение теоретического материала [1] стр. 51-59. [2] стр. 144-150. [3] стр. 90-99. Подготовка к лабораторным занятиям.	
4	Основы зонной теории полупроводников.	13	3	3	–	4	–	–	–	6	–	Изучение теоретического материала [1] стр. 95-123. [2] стр. 113-140. [4] стр. 22-68. Подготовка к лабораторным занятиям.	
5	Сверхпроводимость	10	3	4	–	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического материала[1] стр. 231-250. [2] стр. 177-192.	
6	Экзамен	36	3	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена	
	Итого	108		16	–	16	–	–	2,5	40	33,5		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

3 семестр

1. Основы строения и свойств твердых тел

Виды связей в конденсированных средах. Кристаллическая решетка. Группы симметрии. Решетки Браве. Плотноупакованные структуры. Структурные типы кристаллических фаз. Классификация дефектов в кристаллах. Точечные дефекты в кристаллах. Дислокации. Границы зерен в кристаллах. Методы получения наноструктурных материалов. Аморфные металлические сплавы. Механические свойства металлов

2. Тепловые свойства твердых тел

Квантовые представления о тепловых колебаниях атомов в решетке. Теплоёмкость твёрдых тел. Классическая модель. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Тепловое расширение кристаллов. Диффузия в твердых телах.

3. Электронная теория металлов

Проводники электрического тока. Классическая электронная теория проводимости Друде. Невырожденные и вырожденные системы. Квантовая теория свободных электронов. Тепло-емкость электронного газа.

4. Основы зонной теории кристаллов

Понятие о полупроводниках. Модельные представления о проводимости полупроводников. Уравнение Шрёдингера для кристалла. Приближенные методы решения уравнения Шрёдингера для кристалла. Энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики.

5. Сверхпроводимость

Явление сверхпроводимости. Свойства сверхпроводников. Теория сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводимости.

3.3. Темы практических занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

3.4. Темы лабораторных работ

3 семестр

1. Измерение удельного электрического сопротивления нихрома (4 часа)
2. Физико-механические свойства металлов (4 часа)
3. Исследование температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников (4 часа)
4. Измерение электрической прочности диэлектриков (4 часа)

3.5. РГР

Тип РГР: расчетное задание.

Тематика расчетных заданий

Физические свойства твердых тел.

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовые проекты и курсовые работы учебным планом не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
знать:							
основы строения и свойств твердых тел	ПК-1.1	X					Тест «Основы строения и свойств твердых тел»
тепловые и электрические свойства твердых тел, основы зонной теории кристаллов	ПК-1.1		X	X	X		Тест «Тепловые свойства твердых тел» Тест «Электронная теория»
основные понятия о сверхпроводящем состоянии вещества	ПК-1.1					X	Тест «Сверхпроводимость»
уметь:							
проводить основные эксперименты по анализу качества исследуемых материалов	ПК-1.1		X	X	X		Отчеты по лабораторным работам
анализировать результаты наблюдений и экспериментов	ПК-1.1	X				X	Выполнение и защита расчетного задания «Физические свойства твердых тел»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

3 семестр

Тесты:

1. Тест «Основы строения и свойств твердых тел»
2. Тест «Тепловые свойства твердых тел»
3. Тест «Электронная теория»
4. Тест «Сверхпроводимость»
5. Отчеты по лабораторным работам
6. Выполнение и защита расчетного задания «Физические свойства твердых тел»

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

3 семестр

Экзамен.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении: учеб. пособие / В. Г. Кульков. – СПб.: Лань, 2017. – 272 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2379-8: 910-80.
2. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] / Г. И. Епифанов. – 4-е изд., стер. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2011 - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2023
3. Матухин, В. Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=262
4. Шалимова, К. В. Физика полупроводников [Электронный ресурс] / К. В. Шалимова. – 4-е изд., стер. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2010. – URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=648

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Windows / Операционные системы семейства Linux; Office / Российский пакет офисных программ.

5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
База данных Scopus <https://www.scopus.com>
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.пф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных «Polpred.com Обзор СМИ» <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

ЭБС Издательства «Лань» <https://e.lanbook.com>

ЭБС «Университетская библиотека Online» <https://biblioclub.ru/>

Электронная библиотека НТБ МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>

ЭБС «Консультант студента» <https://www.studentlibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель/проектор, персональный компьютер).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории конструкционного и электротехнического материаловедения. Лабораторное оборудование: измерения твердости по методу Бриггелля ТШ-2М, измерение твердости металлов и сплавов ИТ 5010, прибор для измерения твердости по методу Роквелла ИТ-2140 ТР, микроскоп бинокулярный МБС-10; микроскоп металлографический агрегатный ЕС МЕТАМ РВ-22 - 2 шт.; микроскоп МИМ-7; камерная высокотемпературная электропечь СНОЛ-1,6.2,5.1/12; Разрывная машина МР-20М, установка для измерения температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников, установка для измерения электрической прочности жидких диэлектриков, установка для измерения удельного сопротивления нихрома, рабочее место для соединения металлов методом пайки, весы лабораторные равноплечие ВЛР-200, весы технические Т-5000, станок шлифовальный Metasinx; шкаф вытяжной, наборы образцов черных и цветных металлов и сплавов, штангенциркуль, пробирки, мензурки, предметные стекла, зажимы, образцы для разрывной машины, образцы для термической обработки.

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика конденсированного состояния

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест «Основы строения и свойств твердых тел»
- КМ-2 Тест «Тепловые свойства твердых тел»
- КМ-3 Тест «Электронная теория»
- КМ-4 Тест «Сверхпроводимость»
- КМ-5 Лабораторная работа «Измерение удельного электрического сопротивления нихрома»
- КМ-6 Лабораторная работа «Физико-механические свойства металлов»
- КМ-7 Лабораторная работа «Исследование температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников»
- КМ-8 Лабораторная работа «Измерение электрической прочности диэлектриков»
- КМ-9 Выполнение и защита расчетного задания «Физические свойства твердых тел»

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 3 з.е.

№ разд.	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	Экзамен
1	Основы строения и свойств твердых тел		+					+		+	+	+
2	Тепловые свойства твердых тел			+							+	+
3	Электронная теория металлов				+		+					+
4	Основы зонной теории полупроводников								+			+
5	Сверхпроводимость					+						+
	Минимальный балл за КМ		3	3	3	3	5	5	5	5	8	20
	Максимальный балл за КМ		5	5	5	5	7	7	7	7	12	40

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Наименование образовательной программы: Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность
промышленных предприятий**

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

Оценочные материалы по дисциплине

Б1.В.05 ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Волжский 2023

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		
основы строения и свойств твердых тел	ПК-1.1	Тест «Основы строения и свойств твердых тел»
тепловые и электрические свойства твердых тел, основы зонной теории кристаллов	ПК-1.1	Тест «Тепловые свойства твердых тел» Тест «Электронная теория»
основные понятия о сверхпроводящем состоянии вещества.	ПК-1.1	Тест «Сверхпроводимость»
Уметь:		
проводить основные эксперименты по анализу качества исследуемых материалов	ПК-1.1	Отчеты по лабораторным работам
анализировать результаты наблюдений и экспериментов	ПК-1.1	Выполнение и защита расчетного задания Физические свойства твердых тел

Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

Тест «Основы строения и свойств твердых тел»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста.

1. Виды межатомных связей по убыванию энергии:

- ковалентная, ионная, металлическая, водородная, ван-дер-ваальсова.
- ван-дер-ваальсова, водородная, металлическая, ионная, ковалентная.
- ковалентная, металлическая, водородная, ионная, ван-дер-ваальсова.
- водородная, ионная, ковалентная, ван-дер-ваальсова, металлическая.

2. Энергией связи атома в кристалле называется

- энергия внутренних электронных оболочек атома.
- энергия валентных электронов атома.
- работа, необходимая для удаления атома из кристалла.
- удельная теплота плавления.

3. Сколько всего решеток Браве существует в кристаллических структурах?

- 12
- 16.
- 32.
- 7.

4. Постоянной Маделунга называется...

- множитель α в выражении энергии связи ионного кристалла $U = -\frac{\alpha e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + B \exp\left(-\frac{r}{\rho}\right)$

- б) множитель B в выражении энергии связи ионного кристалла $U = -\frac{\alpha e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + B \exp\left(-\frac{r}{\rho}\right)$
- в) множитель A в выражении энергии связи Ван-дер-Ваальса $U(r) = -\frac{A}{r^6} + B \exp\left(-\frac{r}{\rho}\right)$
- г) величина ρ во всех приведенных выражениях

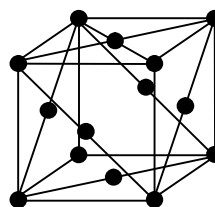
5. К плотноупакованным структурам относятся...

- а) ОЦК, тетрагональная и ГПУ решетки
- б) ГЦК и ГПУ решетки
- в) базоцентрированная тетраэдрическая и моноклинная решетки
- г) ОЦК и триклинная решетки

6. К линейным дефектам в кристалле относятся...

- а) вакансии
- б) границы зерен
- в) поры
- г) дислокации

7. К какому типу решетки относится изображенная элементарная ячейка?



ная

- а) ОЦК
- б) ГЦК
- в) тетрагональная
- г) ГПУ

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий;

Тест «Тепловые свойства твердых тел»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста.

1. Температурой Дебая называется

- а) температура, при которой возбуждены все частоты колебаний атомов в кристалле до максимальной
- б) температура перехода металла в сверхпроводящее состояние
- в) температура перехода ферромагнетика в парамагнетик
- г) температура, при которой происходит полиморфное превращение

2. Коэффициент линейного и объемного расширений связаны как

- а) $\beta = 3\beta'$ б) $\beta = \beta'$ в) $\beta = 2\beta'$ г) $\beta = 3\beta'^2$

3. При очень низких температурах теплоемкость решетки пропорциональна

- а) T
- б) T^2
- в) T^3
- г) от температуры не зависит

4. Зависимость объема от температуры выражается формулой

а) $V = V_0(1 - \beta\Delta t)$

б) $V = V_0(1 + 3\beta\Delta t)$

в) $V = V_0\beta(1 + \Delta t)$

г) $V = V_0(1 + \beta\Delta t)$

5. В классической теории теплоемкости энергия одного осциллятора

а) не зависит от температуры.

б) зависит от температуры.

в) может зависеть, а может и не зависеть от температуры.

г) определяется скоростью нагрева кристалла.

6. Средняя энергия одного осциллятора в модели Дебая теплоемкости твердых тел равна

а) $\langle E \rangle = kT$

б) $\langle E \rangle = 3kT$

в) $\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0}{\exp(\hbar\omega/kT) - 1}$

г) $\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0}{\exp(\hbar\omega_E/kT) + 1}$

7. Формула Дюлонга и Пти для теплоемкости имеет вид

а) $C = \frac{12\pi^4}{5} R \left(\frac{T}{\Theta_D} \right)^3$

б) $U = \frac{3R\pi^4 T^4}{5\Theta_D^3}$

в) $C = 3R$

г) $C = 3R \left(\frac{\Theta_E}{T} \right)^2 \frac{e^{\Theta_E/T}}{(e^{\Theta_E/T} - 1)^2}$

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий;

Тест «Электронная теория»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста.

1. Что такое энергия Ферми?

а) энергия одного электрона.

б) энергия первого возбужденного состояния атома.

в) энергия отрыва электрона от атома.

г) химический потенциал электронной подсистемы.

2. Какой функцией распределения описываются электроны проводимости в металле

а) $f = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right) + 1}$

б) $f = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right) - 1}$

в) $f = A \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$

г) $f = A \exp\left(\frac{E}{kT}\right)$

3. Дрейфовой скоростью электронов в металле называется

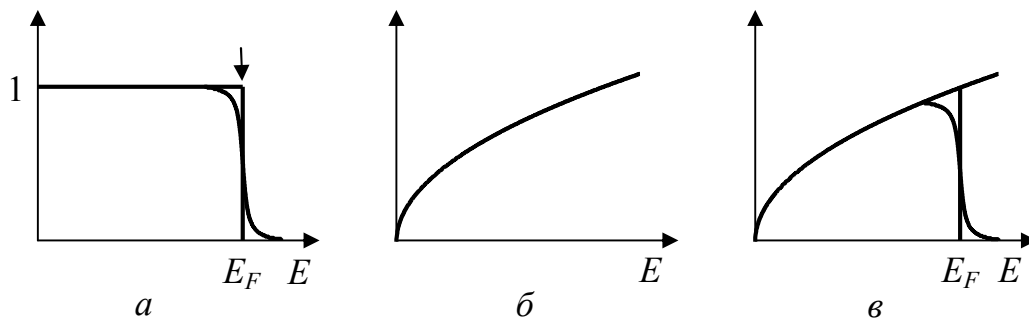
- а) скорость теплового движения электронов
- б) усредненная скорость направленного движения электронов
- в) суммарная скорость теплового и направленного движения электронов
- г) скорость электрона непосредственно сразу после рассеяния на дефекте

4. Электрическая проводимость увеличивается в последовательности

- а) железо, свинец, серебро, никром.
- б) медь, железо, алюминий, золото.
- в) серебро, алюминий, железо, никром.
- г) никром, железо, алюминий, серебро.

5. Числом Лоренца называется отношение

- а) коэффициента электропроводности к коэффициенту теплопроводности
- б) коэффициента теплопроводности к коэффициенту электропроводности
- в) коэффициента теплопроводности к удельному электрическому сопротивлению
- г) коэффициента электропроводности к температуре



6. Распределение Ферми-Дирака изображено на рисунке
- а) (а).
 - б) (б).
 - в) (в).
 - г) На этих рисунках она не изображена.

7. Перенос заряда в металлах

- а) сопровождается переносом атомов металла.
- б) не приводит к переносу атомов металла
- в) осуществляется за счет движения ионов металла.
- г) осуществляется за счет движения ионов примеси.

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий;

Тест «Сверхпроводимость»

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста.

1. Эффектом Мейснера в сверхпроводниках называется

- а) полное вытеснение магнитного поля из сверхпроводника
- б) квантование магнитного потока в сверхпроводниках 2 рода
- в) нулевое электрическое сопротивление сверхпроводника
- г) сверхпроводящий ток может протекать в отсутствие электрического поля через зазор между двумя сверхпроводниками, заполненный диэлектриком

2. Куперовской парой называется

- а) контакт двух разнородных металлов

- б) два электрона, связанные электрон-фононным взаимодействием с нулевым общим спином
- в) вакансия и рядом расположенный примесный атом
- г) нормальная и сверхпроводящая фаза в сверхпроводнике 2 рода

3. При каких температурах наступает высокотемпературная сверхпроводимость исследованных сверхпроводников?

- а) при температурах в несколько сотен Кельвин.
- б) при температурах плавления образцов.
- в) при температуре ожижения гелия.
- г) при температурах в несколько десятков Кельвин.

4. Изотопический эффект заключается в то, что

- а) величина удельной электрической проводимости обратно пропорциональна корню из массы изотопа данного вещества.
- б) не все изотопы данного вещества способны переходить в сверхпроводящее состояние.
- в) радиоактивные изотопы в сверхпроводящее состояние не переходят.
- г) величина критической температуры перехода обратно пропорциональна корню из массы изотопа данного вещества.

5. Проникает ли магнитное поле в объем сверхпроводника 2 рода?

- а) не проникает.
- б) полностью проникает.
- в) проникает в виде тонких абрикосовских вихрей.
- г) проникает только в поверхностный слой.

6. Переход металла в сверхпроводящее состояние в магнитном поле является

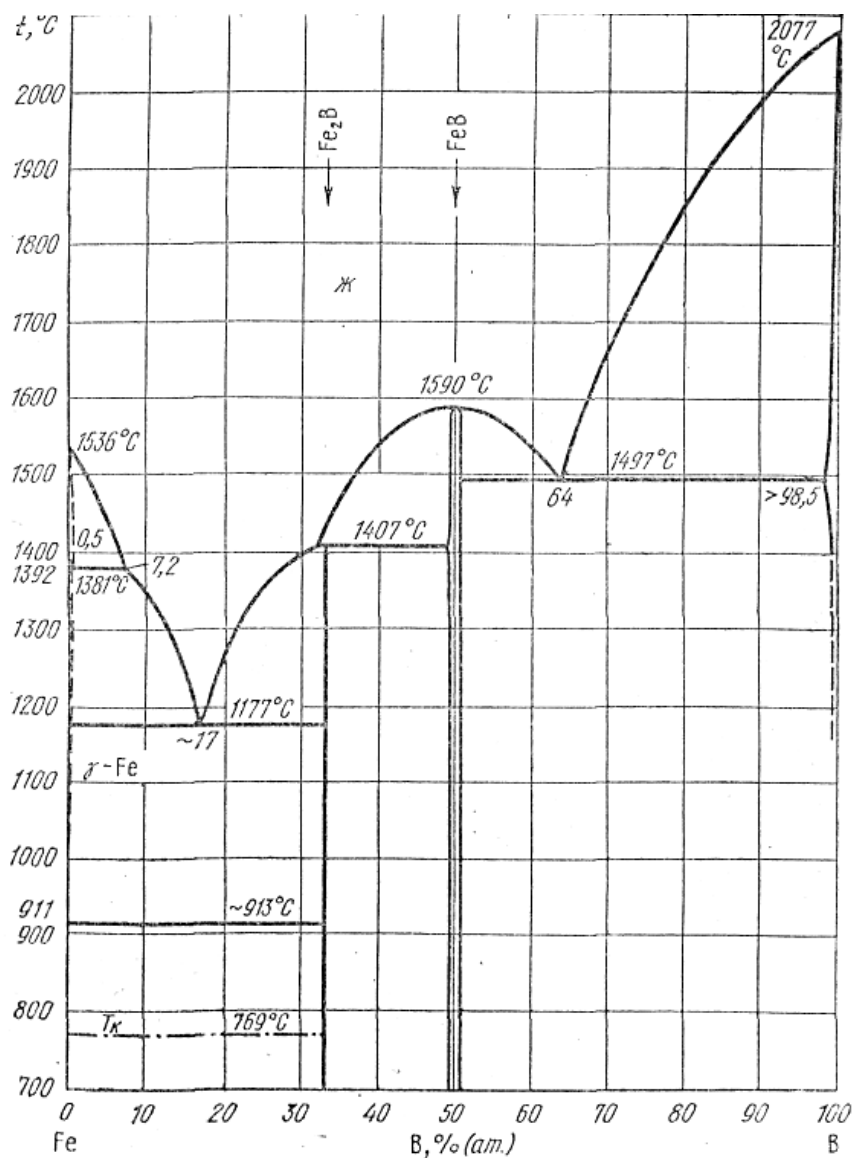
- а) фазовым переходом первого рода.
- б) фазовым переходом второго рода.
- в) фазовым переходом третьего рода.
- г) фазовым переходом плавления электронной подсистемы.

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 6 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 5 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 3-4 задания;

Расчетное задание «Анализ диаграммы состояния сплавов»
Пример расчетного задания.

**ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ
ЖЕЛЕЗО – БОР**



1. Показать линию ликвидуса и линию солидуса
2. Охарактеризовать фазы системы
3. Определить тип неинвариантных превращений
4. Для сплавов
I - 17% B
II - 50% B
III - 80% B
построить кривые охлаждения и определить характер фазовых и структурных превращений
5. В сплаве III при температуре 1600 $^\circ\text{C}$ определить фазовый состав, химический состав каждой фазы и их количественное соотношение

За выполнение расчетного задания выставляется:

- 12 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 10-11 баллов, если правильно выполнено не менее 70% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

Выполнение и защита лабораторных работ

Работа 1. «Измерение удельного электрического сопротивления нихрома»

Контрольные вопросы

1. Вывести температурную зависимость удельного сопротивления металла.
2. Вывести температурную зависимость удельного сопротивления полупроводника.
3. Что называется температурным коэффициентом сопротивления? Выражение для расчета сопротивления металла при его нагревании от некоторой начальной температуры.
4. Описать причины существования электрического сопротивления в металлах.
5. Описать механизм проводимости в полупроводниках.
6. Описать механизм возникновения энергетических зон в полупроводнике.
7. Описать методику измерения температурных зависимостей сопротивления металла и полупроводника.

Работа 2. «Физико-механические свойства материалов»

Контрольные вопросы

1. Описать диаграмму растяжения и ее характерные точки.
2. Описать методику измерения твердости по Бринеллю.
3. Формула закона Гука через механическое напряжение.
4. Описать дислокационный механизм пластической деформации.

Работа 3. «Исследование температурной зависимости сопротивления металлов и полупроводников»

1. Вывести температурную зависимость удельного сопротивления металла.
2. Вывести температурную зависимость удельного сопротивления полупроводника.
3. Что называется температурным коэффициентом сопротивления? Выражение для расчета сопротивления металла при его нагревании от некоторой начальной температуры.
4. Описать причины существования электрического сопротивления в металлах.
5. Описать механизм проводимости в полупроводниках.
6. Описать механизм возникновения энергетических зон в полупроводнике.
7. Описать методику измерения температурных зависимостей сопротивления металла и полупроводника.

Работа 4. «Измерение электрической прочности диэлектриков»

1. Что такое электрическая прочность? Описать механизмы пробоя жидких диэлектриков.
2. Описать механизмы пробоя твердых диэлектриков.
3. Описать механизмы электротеплового пробоя твердых диэлектриков.
4. Описать механизмы электрохимического пробоя твердых диэлектриков.
5. Описать механизмы поверхностного пробоя твердых диэлектриков.

По результатам защиты каждой лабораторной работы выставляется:

- 7 баллов, если лабораторная работа выполнена верно, грамотно оформлена, даны правильные ответы на контрольные вопросы;
- 6 баллов, если лабораторная работа выполнена верно, грамотно оформлена, но при ответах на контрольные вопросы были допущены ошибки, или были погрешности при выполнении и оформлении лабораторной работы, но на контрольные вопросы были даны правильные ответы.

- 5 баллов, если лабораторная работа была выполнена с погрешностями и при ответах на контрольные вопросы были допущены ошибки.

Промежуточная аттестация 2 семестр

Экзамен

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

Экзаменационные вопросы

1. Виды связей в конденсированных средах. Ковалентная связь.
2. Виды связей в конденсированных средах. Ионная связь.
3. Виды связей в конденсированных средах. Металлическая связь. Водородная связь
4. Виды связей в конденсированных средах. Связь Ван-дер-Ваальса.
5. Кристаллическая решетка. Индексирование узлов, направлений и плоскостей.
6. Группы симметрии. Решетки Браве.
7. Плотноупакованные структуры.
8. Структурные типы кристаллических фаз.
9. Классификация дефектов в кристаллах.
10. Точечные дефекты в кристаллах.
11. Дислокации в кристаллах.
12. Границы зерен в кристаллах.
13. Основные представления о тепловых колебаниях атомов в решетке. Фононы.
14. Теплоемкость твердых тел. Классическая модель.
15. Теплоемкость твердых тел. Модель Эйнштейна.
16. Теплоемкость твердых тел. Модель Дебая.
17. Тепловое расширение кристаллов.
18. Классическая электронная теория проводимости Друде.
19. Невырожденные и вырожденные системы.
20. Квантовая теория свободных электронов.
21. Теплоемкость электронного газа.
22. Понятие о полупроводниках. Модельные представления о проводимости полупроводников.
23. Уравнение Шрёдингера для кристалла.
24. Приближенные методы решения уравнения Шрёдингера для кристалла.
25. Энергетические зоны в кристаллах.
26. Металлы, полупроводники и диэлектрики. Энергетические зоны в собственных и примесных полупроводниках.
27. Концентрация носителей заряда в полупроводниках.
28. Температурная зависимость подвижности носителей заряда и проводимости полупроводников.
29. Идеальный диамагнетизм сверхпроводников.
30. Явление сверхпроводимости. Изотопический эффект.
31. Изменение теплоемкости при сверхпроводящем переходе.
32. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках.
33. Эффекты Джозефсона.
34. Теория сверхпроводимости Бардина – Купера – Шриффера.
35. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Примеры экзаменационных задач

1. Найти плотность ρ кристалла неона (при 20 К), если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии. Постоянная a решетки при той же температуре равна 0,452 нм.
2. Вычислить длину волны рентгеновских лучей, которые отражаются во втором порядке от системы плоскостей (100) кристалла $NaCl$ под углом скольжения $\theta = 17^\circ 22'$.
3. α -Железо при температуре ниже 910°C имеет ОЦК структуру ($a = 2,86 \cdot 10^{-10} \text{ м}$). При температуре выше 910°C α -железо переходит в γ -модификацию α -железо, приобретая ГЦК структуру ($a = 3,56 \cdot 10^{-10} \text{ м}$). Как изменится плотность железа в указанном превращении?
4. У кристаллического сильвина (KCl), имеющего структуру типа хлорида натрия, постоянная решетки равна $6,29 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. Оценить плотность этого вещества, если молярная масса его равна $7,455 \cdot 10^{-2} \text{ кг / моль}$.
5. Плотность меди, имеющей ГЦК решетку, равна $8,96 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3$. Вычислить объем элементарной ячейки и атомный радиус для этой кристаллической структуры. Сколько атомов содержится в объеме, равном 1 м^3 ?

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

Оценка	Количество баллов
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов