

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Магнитные материалы**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серебрянников С.С.
	Идентификатор	R7593b58d-SerebriannikSS-1e9481f

(подпись)

С.С.  
Серебрянников  
(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

(подпись)

Д.С.  
Холодный  
(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

(подпись)

А.З.  
Славинский  
(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен участвовать в проведении исследований материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-1 Демонстрирует знания методов контроля параметров материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-2 Обладает знаниями о структуре и физико-химических свойствах материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-3 Демонстрирует знания о физических и математических моделях явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и нанoeлектроники

2. ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-1 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-2 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. «Магнитная анизотропия и кристаллическая структура магнитных материалов» (Контрольная работа)

2. «Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона» (Контрольная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. "Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования" (Лабораторная работа)

2. «Измерение частотной зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости композиционных материалов» (Лабораторная работа)

3. «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот» (Лабораторная работа)

4. «Термографический анализ композиционных магнитных материалов и керамических систем.» (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-3	КМ-5	КМ-6

	Срок КМ:	3	6	9	12	13	15
Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок							
Технология синтеза поликристаллических магнитных материалов, кристаллов и пленок			+				
Строение и свойства магнитных материалов							
Строение и свойства магнитных материалов						+	
Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике							
Магнитные материалы, применяемые в радиоэлектронике				+			
Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма							
Магнетизм микрочастиц. Классическая и квантовая теории парамагнетизма		+					
Ферриты с различной структурой							
Ферриты с различной структурой					+		
Диэлектрические свойства ферритов							
Диэлектрические свойства ферритов							+
Вес КМ:		15	15	15	15	15	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знания методов контроля параметров материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	Знать: материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку Уметь: применять полученную информацию при использовании магнитных элементов в изделиях проводить диагностику магнитных материалов, магнитные и диэлектрические свой-ва	«Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона» (Контрольная работа) "Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования" (Лабораторная работа) «Измерение частотной зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости композиционных материалов» (Лабораторная работа)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Обладает знаниями о структуре и физико-химических свойствах материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	Знать: основные источники научно-технической информации по магнитным материалам в электротехнике материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и	«Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона» (Контрольная работа) "Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования" (Лабораторная работа) «Термографический анализ композиционных магнитных материалов и керамических систем.» (Лабораторная работа)

		<p>маркировку</p> <p>Уметь:</p> <p>теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные физические явления в магнитных материалах при различных внешних воздействиях</p>	
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знания о физических и математических моделях явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и нанoeлектроники	<p>Знать:</p> <p>основные источники научно-технической информации по магнитным материалам в электротехнике</p>	«Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона» (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники	<p>Знать:</p> <p>технологии изготовления ферромагнитных сплавов и оксидных ферромагнитных соединений</p> <p>Уметь:</p> <p>выбирать магнитные материалы для изготовления изделий в электротехнике и радиоэлектронике в зависимости от условий работы</p>	«Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот» (Лабораторная работа) «Магнитная анизотропия и кристаллическая структура магнитных материалов» (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Знает об физико-	Знать:	«Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов,

	<p>химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники</p>	<p>технологию изготовления ферромагнитных сплавов и оксидных ферромагнитных соединений</p>	<p>определение ширины полосы рабочих частот» (Лабораторная работа)</p>
--	---	--	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. «Магнитные свойства микрочастиц. Магнитные свойства электрона»

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время аудиторных занятий раздается индивидуальный тест

#### Краткое содержание задания:

Краткий ответ на вопрос с последующей устной беседой

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные источники научно-технической информации по магнитным материалам в электротехнике</p>	<p><b>1.1 знать Вар.2</b></p> <p>1. Орбитальный момент электрона. 2. Спиновый момент электрона.</p> <p><b>2.1 знать Вар.3</b></p> <p>1. Пространственное квантование орбитального момента. 2. Пространственное квантование спинового момента.</p> <p><b>3.1 знать Вар.1</b></p> <p>1. 1. Магнитные свойства электрона. 2. 2. Момент количества движения и орбитальный магнитный момент.</p> <p><b>4.1 знать Вар.4</b></p> <p>1. Квантовая теория атома водорода. 2. Характеристика состояния электронов в сложных атомах.</p>
<p>Уметь: применять полученную информацию при использовании магнитных элементов в изделиях</p>	<p><b>1.1 знать Вар.1</b></p> <p>1. Исследование магнитных свойств твердого тела.</p> <p><b>2.1 знать Вар.2</b></p> <p>1. Определение взаимосвязи магнитных свойств различных материалов с их строением.</p> <p><b>3.1 знать Вар.3</b></p> <p>1. Расчет магнитного момента электрона.</p> <p><b>4.1 знать Вар.4</b></p> <p>1. 1. Расчет магнитного момента атома.</p>

#### Описание шкалы оценивания:



Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## **КМ-2. "Технология изготовления керамики, процессы перемешивания, размола и формования"**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

### **Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: материалы, применяемые в электротехнике и радиоэлектронике, их классификацию и маркировку	<p><b>1.2 знать Вар.2</b></p> <p>1. Как производится перерасчёт и переход от молярного к весовому составу для составления смеси окислов (шихты) с заданным молярным соотношением компонентов?</p> <p><b>2.2 знать Вар.3</b></p> <p>1. Чем определяется необходимость смешивания и измельчения компонентов шихты? Какое</p>
--	--

	<p>оборудование для этого применяется? Каким образом можно повысить качество помола?</p> <p><b>3.2 знать Вар.1</b></p> <p>1. Перечислите и опишите методы производства специальной керамики. Укажите принципиальные отличия методов друг от друга.</p> <p><b>4.2 знать Вар.4</b></p> <p>1. Классическая керамическая технология, влияние факторов на изменение магнитных свойств при синтезе.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. «Магнитная анизотропия и кристаллическая структура магнитных материалов»**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Во время аудиторных занятий раздается индивидуальный тест

**Краткое содержание задания:**

Краткий ответ на вопрос с последующей устной беседой

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выбирать магнитные материалы для изготовления изделий в электротехнике и радиоэлектронике в зависимости от условий работы</p>	<p><b>1.4 знать Вар.1</b></p> <p>1. Исследование различие магнитных свойств по разным кристаллографическим направлениям.</p> <p><b>2.4 знать Вар.2</b></p> <p>1. Определение энергии естественной магнитной кристаллографической анизотропии.</p> <p><b>3.4 знать Вар.3</b></p> <p>1. Определение констант анизотропии.</p>
---	---

	<b>4.4 знать Вар.4</b> 1.Исследование процессов намагничивания.
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-3. «Измерение S-параметров композиционных магнитных материалов, определение ширины полосы рабочих частот»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

**Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологию изготовления ферромагнитных сплавов и оксидных ферримагнитных соединений	<p style="text-align: center;"><b>1.3 знать Вар.1</b></p> <p>1. Какие свойства материалов и изделий исследуют векторным анализатором цепей?</p> <p style="text-align: center;"><b>2.3 знать Вар.2</b></p>
--	---

	<p>1. Приведите примеры двухпортовых устройств <b>3.3 знать Вар.3</b></p> <p>1. Что характеризует магнитная проницаемость <math>\mu</math> и как она зависит от величины поля для нелинейных сред? <b>4.3 знать Вар.4</b></p> <p>1. Укажите связь диэлектрической проницаемости <math>\epsilon'</math> и <math>\epsilon''</math> от нахождения материала вблизи и отдалении от областей поглощения.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-5. «Термографический анализ композиционных магнитных материалов и керамических систем.»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

**Краткое содержание задания:**

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений),

таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать основные физические явления в магнитных материалах при различных внешних воздействиях	<p>1.</p> <p>1. <b>5 знать Вар.1</b></p> <p>1. Изучение показателя, характеризующего электроизоляционные материалы.</p> <p>2.</p> <p>1. <b>5 знать Вар.2</b></p> <p>2. Определение стойкости к действию электрической дуги.</p> <p><b>3.5 знать Вар.3</b></p> <p>1. Владение методами проведения испытаний на дугостойкость.</p> <p><b>4.5 знать Вар.4</b></p> <p>1. Освоение методики экспериментального определения параметров.</p>
--	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### **КМ-6. «Измерение частотной зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости композиционных материалов»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы начинается с проверки отчетов и исправления недочетов, если такие имеются. При правильном оформлении отчета и выполнении рабочего задания студент допускается к устному ответу на заданный вопрос по теме работы. Время на подготовку устного ответа составляет не более 20 мину. Итоговая оценка за контрольное мероприятие складывается из качества первичного оформления отчета (удельный вес 10%), правильности первичного

выполнения рабочего задания (удельный вес 40%) и устного ответа на вопрос (удельный вес 50%)

### Краткое содержание задания:

Работа проводится в лаборатории кафедры ФТЭМК. Для допуска к работе необходимо изучить теоретическую часть, ознакомиться с схемой установки и ее элементами и порядком выполнения работы. После выполнения работы необходимо произвести пример расчета указанных в задании величин и параметров. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист (с указанием названия работы, номера бригады и ФИО студента), цель работы, схему установки, экспериментальные данные, расчетные формулы (с пояснением всех входящих величин и указанием их размерностей), пример расчета (с последовательной подстановкой численных значений), таблицы расчетных данных, требуемые в рабочем задании графики зависимостей, вывод по проделанной работе.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить диагностику магнитных материалов, магнитные и диэлектрические свой-ва	<p><b>1.6 знать Вар.1</b></p> <p>1. Изучение влияния частоты на диэлектрическую и магнитную проницаемость.</p> <p><b>2.6 знать Вар.2</b></p> <p>1. Изучение влияния частоты на тангенс угла диэлектрических потерь.</p> <p><b>3.6 знать Вар.3</b></p> <p>1. Освоение методики экспериментального определения диэлектрической и магнитной проницаемости.</p> <p><b>4.6 знать Вар.4</b></p> <p>1. Освоение методики экспериментального определения тангенса угла диэлектрических потерь.</p>
--	--

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1	Утверждаю: Зав. Кафедрой
	Кафедра ФТЭМК	
	Магнитные материалы	
ИЭТЭ		
1. Магнетизм микрочастиц, Орб. и спиновый моменты электрона		
2. Магнитный момент сложного атома		
3. Процессы технического намагничивания.		

1090 - 100 000

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2	Утверждаю: Зав. Кафедрой
	Кафедра ФТЭМК	
	Магнитные материалы	
ИЭТЭ		
1. Пространственное квантование спинового момента.		
2. Модель ферромагнетизма Гайзенберга-Френкеля. Молекулярное поле Вейсса - Розенга.		
3. Магнитостатическая энергия.		

1090 - 100 000

## Процедура проведения

ответы по билетам

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Демонстрирует знания методов контроля параметров материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

### **Вопросы, задания**

1. Орбитальный момент электрона.
2. Спиновый момент электрона.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.2. Орбитальный момент электрона.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Возникновение орбитального момента - движение по орбите.

- 2.2. Спиновый момент электрона.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Возникновение спинового момента - спиновое движение электрона.

- 3.4. Пространственное квантование орбитального момента.

Пространственное квантование спинового момента.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Вывод из требования непрерывности и однозначности. Вывод по Штерну и Герлаху.

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Обладает знаниями о структуре и физико-химических свойствах материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

### Вопросы, задания

1. Квантовая теория парамагнетизма.  
Правила Хунда.  
Нарушение правил Хунда

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1.6. Теория парамагнетизма Ланжевена

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Парамагнитные вещества - не полностью заполненные оболочки (с магнитным моментом, но атомы далеко для взаимодействия). Тепловое движение - ориентация случайная, внесение в поле - ориентация вдоль него (результат - намагниченность). Отдельно независимых диполей намагничиваются во внешнем магнитном поле. Поле - стремление ориентировать, тепловое движение - стремление разупорядочить. Но разориентация всегда неполная => намагниченность. По Ланжевону - магнитные моменты ориентируются под любым углом к внешнему полю, но преимущественные направления под углами в диапазоне от 0 до  $\pi$ .

#### 2.7. Правила Хунда.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: 1. Наименьшая энергия - наибольшее значение суммарного спина и наибольший суммарный орбитальный момент. 2. Суммарное квантовое число полного момента  $J$  при заполнении уровня меньше, чем наполовину, равно  $J=L-S$ ; и при заполнении больше, чем наполовину,  $J=L+S$ . Если количество электронов равно половине, то  $J=S$ , так как в этом случае  $L=0$ . (При данном значении  $l$  в пределах определенного уровня электроны располагаются так, чтобы суммарным спин = max).

#### 3.9. Нарушение правил Хунда

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Для атомов, лежащих в середине и конце периодической системы элементов - вследствие взаимодействия электронов между собой состояния с малыми  $n$  и большими  $l$  оказываются менее выгодными, чем состояния с большими  $n$ , но меньшими  $l$ .

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-2 Демонстрирует знания о физических и математических моделях явлений и процессов, протекающих в материалах электронной техники, микро- и нанoeлектроники

### Вопросы, задания

1. Магнетизм микрочастиц

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1.1. Магнетизм микрочастиц

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Источники магнетизма - магнитные моменты электронов и ядер атомов. Магнитные свойства вещества определяются электронами т.к. магнитный



момент ядра электрона много больше магнитного момента ядра (из-за большой разницы массы). Магнитный момент электрона: спиновый, орбитальный.

#### 2.5. Сложный атом.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Характеристика состояний атомов - главными квантовыми числами.

Распределение на уровни и подуровни в зависимости от значений "n" и "l". Их заполнение - по правилу Паули, Хунда и принципу  $\min$  энергий.

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

#### Вопросы, задания

1. Ферромагнетизм.

Основные черты ферромагнетиков.

Вывод молекулярного поля и парамагнитная область ферромагнетика.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.8. Ферромагнетизм.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Ферромагнитные вещества - с атомами с магнитным моментом (с незаполненными оболочками), но с расстоянием меньше, чем в парамагнетиках => между атомами взаимодействие - обменное (соседние атомы обмениваются электронами).  $\mu \gg 1$  - вещество намагничивается по полю и сильно.

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-3</sub> Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники

#### Вопросы, задания

1. Ферромагнитная область.

Связь обменного интеграла с постоянной молекулярного поля и температурой Кюри.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.10. Закон Кюри.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: Закон Кюри - магнитная восприимчивость при слабых внешних полях и высоких температурах изменяется обратно пропорционально температуре.

2.11. Основные черты ферромагнетиков.

Ответы:

Развернутый ответ на поставленный вопрос с полным обоснованием.

Верный ответ: 1. У ферромагнетиков  $\mu$  зависит от В. 2. Существует магнитное насыщение 3.  $\mu \gg 1$ .

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 89

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 67*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 59*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

стандартные