

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

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

**Наименование образовательной программы: Твердотельная микро- и наноэлектроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Квантовая электроника**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ануфриев Ю.В.
	Идентификатор	Rb9c54598-AnufriyevYV-f797334f

(подпись)

Ю.В.


Ануфриев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f


(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70cafb8c

(подпись)

И.Н.

Мирошникова

(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-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов и / или интегральных схем

ИД-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Смешанная форма

1. контрольная работа (Семинар)

Форма реализации: Устная форма

1. Опрос 1 (Семинар)

2. Опрос 2 (Семинар)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	2	2	2
Теория сверхпроводимости				
Основные свойства сверхпроводников		+		+
Сверхпроводящее состояние		+		+
Эксперименты, подтверждающие основные представления о сверхпроводящем состоянии		+		+
Сверхпроводник в магнитном поле		+	+	+
Основы квантовой электроники				
Квантовые низкоразмерные системы		+	+	+
Квантовые эффекты в низкоразмерных системах			+	+
Технология создания низкоразмерных объектов			+	+

Устройства на квантовых эффектах		+	+
Вес КМ:	45	45	10

\$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-1	ИД-1ПК-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники	<p>Знать:</p> <p>Теоретические основы элементов квантовой электроники</p> <p>фундаментальные и экспериментальные факты сверхпроводимости и низкоразмерных квантовых систем</p> <p>закономерности в поведении свойств сверхпроводников и квантово-механических систем</p> <p>основные положения физики сверхпроводников и квантово-механических систем</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить расчеты функциональных элементов квантовой электроники</p> <p>проводить расчеты критических параметров</p>	<p>Опрос 1 (Семинар)</p> <p>Опрос 2 (Семинар)</p> <p>контрольная работа (Семинар)</p>

		сверхпроводников	
--	--	------------------	--

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

### КМ-1. Опрос 1

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Семинар

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 45

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос

**Краткое содержание задания:**

Что такое Куперовские пары?

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Теоретические основы элементов квантовой электроники	1.Понятие горячего пятна
Знать: фундаментальные и экспериментальные факты сверхпроводимости и низкоразмерных квантовых систем	1.Отличие идеального проводника от сверхпроводника 2.критическое магнитное поле сверхпроводника
Уметь: проводить расчеты критических параметров сверхпроводников	1.Отличие идеального проводника от сверхпроводника 2.Три способа определения критической температуры сверхпроводника

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если ответ дан полном объеме и преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*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 ответ дан преимущественно верно

### КМ-2. Опрос 2

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Семинар

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 45

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос

**Краткое содержание задания:**

Планарные волноводы с малыми потерями. Одномодовый режим работы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: закономерности в поведении свойств сверхпроводников и квантово-механических систем	1.сверхпроводник 1-го рода 2.сверхпроводник 2-го рода
Знать: основные положения физики сверхпроводников и квантово-механических систем	1.Одноэлектронная, однофотонная электроника 2.Что такое квантовые низкоразмерные системы
Знать: Теоретические основы элементов квантовой электроники	1.Принципы построения фотонных кристаллов
Уметь: проводить расчеты функциональных элементов квантовой электроники	1.Принципы построения кольцевых резонаторов 2.Интерферометр Маха-Цендера

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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. контрольная работа**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Семинар

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа

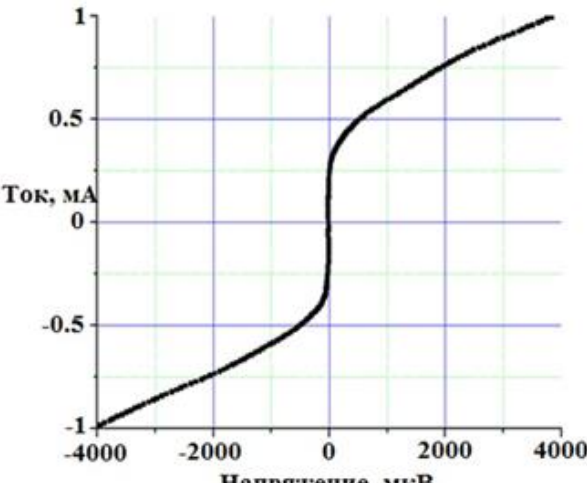
**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы и решить задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные положения физики сверхпроводников и квантово-механических систем	1.Изотопический эффект 2.Квантование магнитного потока.
Знать: фундаментальные и экспериментальные факты сверхпроводимости и низкоразмерных квантовых систем	1.Электрон-фононное взаимодействие
Уметь: проводить расчеты критических параметров сверхпроводников	1.На сколько понизится свободная энергия 1 см <sup>3</sup> (свинца, ниобия, ванадия, талия) при его переходе в сверхпроводящее состояние? Переход происходит в



<p>Уметь: проводить расчеты функциональных элементов квантовой электроники</p>	<p>магнитном поле при температуре 4,2 К</p> <p>1. Рассчитать критическое магнитное поле <math>H_{c1}(T)</math> при температуре 4,2 К по эмпирической формуле для материалов (свинец, ниобий, ванадий, талий).</p> <p>2. Вычислить плотность критического тока <math>J_c</math> (А/см<sup>2</sup>) по ВАХ сверхпроводника (см рисунок) геометрические размеры сверхпроводника полоска длиной 10 мкм шириной 2 мкм и толщиной 200 нм.</p> 
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Физические принципы сверхпроводимости. Высокотемпературные сверхпроводники.

### Процедура проведения

Заслушивается устный ответ по теоретическому вопросу

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов в соответствующих областях электроники

### Вопросы, задания

- 1.Одноквантовые детекторы. Примеры конструкций
- 2.Джозефсоновские переходы. Кулоновская блокада.
- 3.Базовые элементы фотонных кристаллов
- 4.Принципы работы квантовых вычислений на примере фотонных кристаллов
- 5.Сверхпроводники 1-го и 2-го рода
- 6.Эффект Джозефсона

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Одноквантовые детекторы. Примеры конструкций

Ответы:

Описание конструктива детектора

- 2.критическая температура перехода

Ответы:

Температура при которой происходит полное выталкивание магнитного поля из сверхпроводника или при которой происходит фазовый переход с образованием куперовских пар.

- 3.Эффект Джозефсон

Ответы:

явление протекания сверхпроводящего тока через тонкий слой диэлектрика между двух массивных сверхпроводников

### *II. Описание шкалы оценивания*

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

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