

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СОВРЕМЕННАЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И НАНОФОТОНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.06.01.01</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>1 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>1 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр - 129,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>1 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaeae2f

(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaeae2f

(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ современной оптоэлектроники, нанофотоники, наноплазмоники и метаматериалов в различных диапазонах спектра электромагнитных волн, их использование в перспективных технологиях

### Задачи дисциплины

- изучение современной твердотельной оптоэлектроники, в частности на базе наноконструкций и наноматериалов, в различных диапазонах спектра электромагнитных волн, их использование в перспективных технологиях;
- изучение механизмов взаимодействия электромагнитного поля с материалами в нанофотонике и наноплазмонике;
- изучение физики и технологии метаматериалов, приобретение навыков выполнения на этой основе инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач.

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-2 Способен применять расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования электромагнитных и теплофизических процессов в низкоразмерных устройствах и материалах	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при выборе схемных решений и оборудования для наноразмерных устройств	знать: - способы расчета процессов в современной оптоэлектронике.  уметь: - проводить расчеты эффективности типовых нанотехнологических устройств современной оптоэлектроники.
ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития наноразмерных систем и устройств	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Способен проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств как части энергетической системы	знать: - типовые решения систем, проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств на основе современной оптоэлектроники.  уметь: - подбирать компоненты современной оптоэлектроники и проводить их расчет.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Электромеханические и наномеханические системы
- знать Тепловые процессы в наноструктурах

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Электромагнитное поле в веществе	18	1	2	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электромагнитное поле в веществе" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 192-234 [3], 36-48 [4], 36-48	
1.1	Электромагнитное поле в веществе	18		2	-	4	-	-	-	-	-	12	-		
2	Оптические свойства металлов	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптические свойства металлов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 192-234 [3], 8-22 [4], 8-22
2.1	Оптические свойства металлов	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	
3	Физика и технология метаматериалов	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физика и технология метаматериалов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 192-234
3.1	Физика и технология метаматериалов	22	4	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-		

													[3], 52-74 [4], 52-74	
4	Фотонные кристаллы	30	2	-	8	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Фотонные кристаллы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 36-48 [4], 36-48
4.1	Фотонные кристаллы	30	2	-	8	-	-	-	-	-	-	20	-	
5	Наноплазмоника	22	2	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Наноплазмоника" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 192-234 [3], 56-78 [4], 56-78
5.1	Наноплазмоника	22	2	-	4	-	-	-	-	-	-	16	-	
6	Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света	30	2	-	4	-	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 72-101 [2], 192-234 [3], 116-161 [4], 116-161
6.1	Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света	30	2	-	4	-	-	-	-	-	-	24	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>96</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>129.5</b>				

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Электромагнитное поле в веществе

##### 1.1. Электромагнитное поле в веществе

Квантовые ограничения. Размерные эффекты. Комплексная диэлектрическая проницаемость наноматериалов..

#### 2. Оптические свойства металлов

##### 2.1. Оптические свойства металлов

Модель свободных электронов и формула Друде, плазменная частота. Плазмонный резонанс в искусственном металлическом кристалле. Плазмонные наноантенны, максимально достижимое значение локального электрического поля.

#### 3. Физика и технология метаматериалов

##### 3.1. Физика и технология метаматериалов

Электромагнитное поле в метаматериалах.

#### 4. Фотонные кристаллы

##### 4.1. Фотонные кристаллы

Фотонные материалы с запрещенной зоной. Основы фотонных кристаллов. Понятие запрещенной зоны. Распространение света в фотонных материалах с запрещенной зоной.

#### 5. Наноплазмоника

##### 5.1. Наноплазмоника

Поверхностные плазмоны. Теория Друде-Зоммерфельда. Возбуждение, распространение и детектирование плазмонов. Модели Друде-Зоммерфельда, Дебая, Лоренца и Селмайера. Нанофотоника, наноплазмоника и солнечная энергетика.

#### 6. Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света

##### 6.1. Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света

Оптоэлектроника. Нанофотоника и твердотельные источники света.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Поверхностные плазмоны;
2. Расчет комплексной диэлектрической функции;
3. Модель свободных электронов и формула;
4. Электромагнитное поле в метаматериалах;
5. Распространение света в фотонных материалах с запрещенной зоной;
6. Современные твердотельные источники.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электромагнитное поле в веществе"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптические свойства металлов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физика и технология метаматериалов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Фотонные кристаллы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Наноплазмоника"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа 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	6	
<b>Знать:</b>								
способы расчета процессов в современной оптоэлектронике	ИД-4ПК-2	+	+					Коллоквиум/Расчет комплексной диэлектрической функции
типовые решения систем, проводить комплексный анализ наноразмерных систем и устройств на основе современной оптоэлектроники	ИД-3ПК-3			+	+			Коллоквиум/Электромагнитное поле в метаматериалах
<b>Уметь:</b>								
проводить расчеты эффективности типовых нанотехнологических устройств современной оптоэлектроники	ИД-4ПК-2					+		Коллоквиум/Поверхностные плазмоны
подбирать компоненты современной оптоэлектроники и проводить их расчет	ИД-3ПК-3						+	Коллоквиум/Современные твердотельные источники света

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **1 семестр**

Форма реализации: Устная форма

1. Поверхностные плазмоны (Коллоквиум)
2. Расчет комплексной диэлектрической функции (Коллоквиум)
3. Современные твердотельные источники света (Коллоквиум)
4. Электромагнитное поле в метаматериалах (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №1)

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Дмитриев, А. С. Физико-химия наноструктур : учебное пособие по курсам "Физико-химия наночастиц и наноматериалов", "Тепловые процессы в наноструктурах", "Химия наноструктур. Часть 2" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" по профилю "Нанотехнологии и наноматериалы для энергетики" / А. С. Дмитриев, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 240 с. - ISBN 978-5-7046-1356-5 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631);
2. Дмитриев, А. С. Введение в наноэнергетику : учебное пособие по курсам "Проблемы и перспективы наноэнергетики", "Физикохимия наночастиц и наноматериалов", "Тепловые процессы в наноструктурах", по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика", профилю "Нанотехнологии и наноматериалы для энергетики" / А. С. Дмитриев, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 320 с. - ISBN 978-5-383-00654-2 .;
3. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие по направлениям "Электроника и наноэлектроника", "Телекоммуникации" / А. Н. Игнатов . – СПб. : Лань-Пресс, 2011 . – 544 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1136-8 .;
4. Игнатов А. Н.- "Оптоэлектроника и нанофотоника", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2020 - (596 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/133479>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор,

		компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "ИТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Современная оптоэлектроника и нанофотоника**

(название дисциплины)

**1 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Расчет комплексной диэлектрической функции (Коллоквиум)

КМ-2 Электромагнитное поле в метаматериалах (Коллоквиум)

КМ-3 Поверхностные плазмоны (Коллоквиум)

КМ-4 Современные твердотельные источники света (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	15
1	Электромагнитное поле в веществе					
1.1	Электромагнитное поле в веществе		+			
2	Оптические свойства металлов					
2.1	Оптические свойства металлов		+			
3	Физика и технология метаматериалов					
3.1	Физика и технология метаматериалов			+		
4	Фотонные кристаллы					
4.1	Фотонные кристаллы			+		
5	Наноплазмоника					
5.1	Наноплазмоника				+	
6	Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света					
6.1	Оптоэлектроника, нанофотоника и твердотельные источники света					+
Вес КМ, %:			15	25	25	35