

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЯ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**  
**НАНОМАТЕРИАЛОВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.01.11
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 113,5 часов;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Контрольная работа Эссе Лабораторная работа Реферат	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	7 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Говоров В.А.
	Идентификатор	R7859ba37-GovorovVA-8052162d

В.А. Говоров

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Д.С. Холодный

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

А.З. Славинский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является формирование знаний по классификации, назначению и применению радиоматериалов и радиокомпонентов. Понимание физической сущности процессов, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации. Изучение основных электрофизических, оптических, материалов. Изучение физических процессов и явлений, протекающих в радиоматериалах и радиокомпонентах

### Задачи дисциплины

- различные классы материалов, используемых в электронике и наноэлектронике.

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-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-1ПК-3 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - основные методы получения наночастиц и пленок материалов.  уметь: - планировать деятельность в лаборатории.
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-2ПК-3 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - условия изготовления и тестирования материалов наноэлектроники;.  уметь: - выбирать технологические процессы изготовления материалов для наноэлектроники;.
ПК-4 Способен участвовать в проектировании интегральных схем	ИД-2ПК-4 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	знать: - физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов.  уметь: - определять набор методов анализа для контроля технологического процесса получения нанообъектов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	Способы изготовления субмикрористаллических и нанопорошков	85	7	20	10	10	-	-	-	-	-	45	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Методы анализа нанообъектов." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Способы изготовления субмикрористаллических и нанопорошков" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Способы изготовления субмикрористаллических и нанопорошков"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Способы изготовления субмикрористаллических и нанопорошков и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>
1.1	Основы термодинамики сплошных сред.	17		4	2	2	-	-	-	-	-	9	-	
1.2	Методы изготовления порошков помолом.	17		4	2	2	-	-	-	-	-	9	-	
1.3	Основы коллоидной химии	17		4	2	2	-	-	-	-	-	9	-	
1.4	Реология дисперсных систем.	17		4	2	2	-	-	-	-	-	9	-	
1.5	Получение наночастиц конденсацией	17		4	2	2	-	-	-	-	-	9	-	



														[6], 4-230 [10], 4-130 [11], 4-430 [12], 4-50 [14], 30-100 [15], 1-237
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	180.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5		
	Итого за семестр	180.0	32	16	16		2		-	0.5		113.5		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков

##### 1.1. Основы термодинамики сплошных сред.

Понятия об основных термодинамических параметрах и функциях. Представления о фазовом равновесии..

##### 1.2. Методы изготовления порошков помолом.

Использование различных типов мельниц..

##### 1.3. Основы коллоидной химии

Методы получения нанопорошков осаждением из газовой фазы и из раствора. Процессы образования и роста частиц..

##### 1.4. Реология дисперсных систем.

Основы физико-механики жидких и жидкоподобных систем..

##### 1.5. Получение наночастиц конденсацией

Принципы образования зародышей и рост частиц. Основы методов распылительной сушки.

#### 2. Методы анализа нанообъектов.

2.1. Атомно силовая микроскопия Гранулометрический анализ. Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия.

Сканирующие зондовые приборы для исследования и атомного дизайна наноматериалов (СТМ и АСМ). Методы и аппаратура для контроля и классификации наночастиц (нанопорошков)..

##### 2.2. Гранулометрический анализ.

Методы и аппаратура для контроля и классификации наночастиц (нанопорошков). Принципы гранулометрического анализа. Методы определения размера частиц. Статическое светорассеяние. Динамическое светорассеяние..

##### 2.3. Рентгенофазовый анализ.

Основы фазового и структурного анализа. Использование рентгеновского излучения для исследования структуры кристалла..

##### 2.4. Электронная микроскопия.

Электронная дифракция. Методы определения морфологии нанообъектов..

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

1. 3 Основы коллоидной химии;

2. 4 Реология дисперсных систем;

3. 2 Методы изготовления порошков помолом.;

4. 7 Атомно силовая микроскопия Гранулометрический анализ. Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия.;

5. 8 Рентгенофазовый анализ.;

6. 5 Получение наночастиц конденсацией;

## 7. 1 Основы термодинамики сплошных сред..

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. 1. Основы реологии дисперсных систем;
2. 2. Методы анализа гранулометрического состава;
3. 4. Методы анализа физико-химических свойств материалов;
4. 3. Методы анализа физико-механических свойств материалов.

### 3.5 Консультации

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Способы изготовления субмикросталлических и нанопорошков"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы анализа нанобъектов."

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Способы изготовления субмикросталлических и нанопорошков"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Методы анализа нанобъектов."

### 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	
<b>Знать:</b>				
основные методы получения наночастиц и пленок материалов	ИД-1ПК-3	+		Лабораторная работа/КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. Лабораторная работа/КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем
условия изготовления и тестирования материалов нанoeлектроники;	ИД-2ПК-3		+	Реферат/КМ-5. Расчетное задание
физическую основу и методологию методов анализа нанобъектов и наноматериалов	ИД-2ПК-4	+		Контрольная работа/КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок Эссе/КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем Лабораторная работа/КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем
<b>Уметь:</b>				
планировать деятельность в лаборатории	ИД-1ПК-3	+	+	Лабораторная работа/КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. Лабораторная работа/КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем
выбирать технологические процессы изготовления материалов для нанoeлектроники;	ИД-2ПК-3	+		Лабораторная работа/КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем Реферат/КМ-5. Расчетное задание
определять набор методов анализа для контроля технологического процесса получения нанобъектов	ИД-2ПК-4		+	Лабораторная работа/КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)
2. КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-5. Расчетное задание (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа)
2. КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. "05.25.03 - Библиоковедение, библиографоведение и книговедение: сборник программ основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)", Издательство: "Кемеровский государственный университет культуры и искусств (КемГУКИ)", Кемерово, 2012 - (286 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273808>;
2. Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч.1 : пер. с англ. / А. Вест ; ред. Ю. Д. Третьяков . – М. : Мир, 1988 . – 555 с.;
3. "09.00.01 – Онтология и теория познания: сборник программ основной профессиональной образовательной программы", Издательство: "КемГИК", Кемерово, 2012 - (304 с.) [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45877](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45877);
4. Вест, А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч.2 : пер. с англ. / А. Вест ; ред. Ю. Д. Третьяков . – М. : Мир, 1988 . – 334 с.;
5. А. А. Нестеров, А. А. Панич- "Современные проблемы материаловедения керамических пьезоэлектрических материалов", Издательство: "Южный федеральный университет", Ростов-на-Дону, 2010 - (226 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241139>;
6. Дамаскин, Б. Б. Основы теоретической электрохимии : учебное пособие для химических специальностей вузов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий . – М. : Высшая школа, 1978 . – 239 с.;

7. А. А. Коноплева, А. Р. Гатауллин, Ю. Г. Галяметдинов- "Физикохимия композиционных полимерных материалов", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2018 - (100 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612365>;
8. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия : учебник для бакалавров, для вузов по специальности и направлению "Химия" / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина . – 7-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2014 . – 444 с. – (Бакалавр. Базовый курс) . - ISBN 978-5-9916-2741-2 .;
9. А. Жигачев, Ю. И. Головин, А. В. Умрихин, В. В. Коренков, А. И. Тюрин- "Высокотехнологичная наноструктурная керамика на основе диоксида циркония", (2-е изд, испр. и доп.), Издательство: "Техносфера", Москва, 2020 - (370 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617535>;
10. Автоматизация и механизация работ в химико-аналитических лабораториях / Ю. С. Ляликов, [и др.], АН МССР. Ин-т химии ВНИИнаучприбор ; ред. Ю. С. Ляликов . – Кишинев : Штиинца, 1976 . – 135 с.;
11. Виноградов, Г. В. Реология полимеров : [монография] / Г. В. Виноградов, А. Я. Малкин . – М. : Химия, 1977 . – 438 с.;
12. О. Н. Мусина- "Реология", Издательство: "Директ-Медиа", Москва, Берлин, 2015 - (147 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278883>;
13. Воронин, Г. Ф. Основы термодинамики : [учебное пособие] / Г. Ф. Воронин . – М. : Изд-во МГУ, 1987 . – 192 с.;
14. Носикова Л. А., Кочетов А. Н., Цивадзе А. Ю.- "Исследование образцов с помощью рентгенофазового анализа: Практикум", Издательство: "РТУ МИРЭА", Москва, 2021 - (38 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/176517>;
15. Белов, Н. В. Структура ионных кристаллов и металлических фаз / Н. В. Белов, АН СССР. Ин-т кристаллографии . – М. : Изд-во АН СССР, 1947 . – 237 с.;
16. Бобкова, Н. М. Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений : учебник для вузов по специальностям "Химическая технология вяжущих материалов", "Химическая технология керамики и огнеупоров", "Химическая технология стекла и ситаллов" / Н. М. Бобкова . – Минск : Вышэйшая школа, 1984 . – 256 с..

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. Acrobat Reader;
5. MasterOPC.

## **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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
10. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>

11. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
12. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
13. Журналы Журналы Royal Society of Chemistry - <https://pubs.rsc.org/>
14. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
15. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	Е-316, Лаборатория каф. "ФТЭМК"	стол, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер
Помещения для консультирования	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технология и физико-химические свойства наноматериалов

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа)  
 КМ-2 КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)  
 КМ-3 КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)  
 КМ-4 КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)  
 КМ-5 КМ-5. Расчетное задание (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	13	15
1	Способы изготовления субмикрочастиц и нанопорошков						
1.1	Основы термодинамики сплошных сред.		+	+		+	
1.2	Методы изготовления порошков помолом.					+	+
1.3	Основы коллоидной химии				+	+	
1.4	Реология дисперсных систем.				+	+	
1.5	Получение наночастиц конденсацией					+	+
2	Методы анализа нанообъектов.						
2.1	Атомно силовая микроскопия Гранулометрический анализ. Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия.				+	+	
2.2	Гранулометрический анализ.					+	
2.3	Рентгенофазовый анализ.					+	+
2.4	Электронная микроскопия.					+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20