

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от « 21 » мая 2024 г., протокол № 10

Председатель \_\_\_\_\_ /В.В. Рыбин/  
(подпись)  
« 21 » мая 2024 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина:	<b>«Методы получения наночастиц и наноматериалов»</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Кафедра	<b>Кафедра Физического материаловедения</b>
Курс	<b>4</b>

Направление (специальность): **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**  
*код направления (специальности), полное наименование*

Направленность  
(профиль/специализация) **Материаловедение наноструктурированных композиционных материалов**  
*полное наименование*

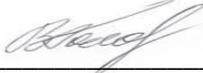
Форма обучения **очная**  
*очная, заочная, очно-заочная (указать только те, которые реализуются)*

Дата введения в учебный процесс УлГУ: «01» сентября 2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
 Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
Махмуд-Ахунов М.Ю.	ФМ	Доцент, к.ф.-м.н.

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий кафедрой ФМ
 _____ /В.Н. Голованов/
13 мая 2024 г.



Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины:

- формирование у студентов систематизированных знаний и практических навыков в области общего материаловедения;
- формирование систематизированных знаний по физическим принципам получения наноматериалов, анализу их свойств и практическому применению;
- формирование у студентов навыков проведения научно-практических экспериментов;
- формирование комплексных профессиональных и общекультурных компетенций в сфере профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

### Задачи освоения дисциплины:

- познакомить студентов с основными особенностями кристаллической структуры и дефектами строения твердых тел, энергетическими условиями процесса кристаллизации и анализа фазовых превращений, а также их влияние на механические, технологические и эксплуатационные свойства металлов;
- познакомить студентов с основными размерными эффектами, особенностями кристаллической структуры наноматериалов, с физической и химической сущностью процессов и явлений, протекающих в микро- и наносистемах;
- освоение студентами основных теоретических представлений о физических процессах, определяющих закономерности поведения наноматериалов и наносистем в различных условиях эксплуатации;
- приобретение практических навыков по анализу свойств наноматериалов современными методами и технологиями, а также использованию теоретических положений для решения практических задач в профессиональной деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы получения наночастиц и наноматериалов» является дисциплиной по выбору и относится к базовой части Блока 1 цикла подготовки бакалавров по направлению **22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**, в котором изучаются физические основы общего материаловедения, а также физико-химические процессы получения наноматериалов и систем на их основе.

В разделе изучаются основы кристаллического строения твердого тела, дефекты, а также фазовые равновесия и структурообразование при кристаллизации. Рассматриваются размерные эффекты наноматериалов, фазовые превращения, происходящих в наноструктурированных и нанодисперсных материалах, и их влияния на физические (механические, электрические, магнитные, каталитические и др.) и технологические свойства.

Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин:

- Физика
- Практикум по механике
- Практикум по молекулярной физике
- Практикум по электричеству
- Физическая химия. Фазовые равновесия

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

- Квантовая теория. Квантовая теория конденсированного состояния
- Фазовые равновесия и структурообразование
- Общее материаловедение

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Получение и обработка металлов и соединений

а также для прохождения учебной, производственной и преддипломной практик, государственной итоговой аттестации.

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-1 Способен использовать на практике знания об особенностях строения наноструктурированных композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	<p>Знать: Технологические особенности получения различных наноматериалов</p> <p>Уметь: подбирать наноструктуры и методы их производства для реализации нанообъектов с заданными характеристиками под конкретные требования преобразования сигналов различной природы (электромагнитные, оптические, тепловые, механические и др.)</p> <p>Владеть: принципами и закономерностями строения и свойств кристаллических твердых тел, а также их изменений при рассмотрении нанообъектов и систем на их основе.</p>
ПК-2 Способен проводить комплексные исследования, испытания и диагностику наноструктурированных композиционных материалов и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания	<p>Знать: основные виды и свойства наноматериалов, приборов и устройств на их основе, типовые технологические процессы получения наноматериалов.</p> <p>Уметь: правильно использовать материаловедческие закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов при проектировании и создании микро- и наносистем;</p> <p>Владеть: методами экспериментального исследования параметров и характеристик наноматериалов и наносистем, методами контроля качества нанообъектов.</p>
ПК-5 Способен	Знать:

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

осваивать конструктивные особенности и режимы работы оборудования по производству наноструктурированных композиционных материалов	<p>основные технологические процессы микро- и нанoeлектроники, принципы работы технологического оборудования, современные проблемы микро- и нанотехнологий</p> <p>Уметь: грамотно разрабатывать маршруты технологических процессов и проводить эксперименты, анализировать и объяснять полученные данные и результаты</p> <p>Владеть: способами реализации основных нано технологических процессов.</p>
---	---

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 3 ЗЕ.

4.2. По видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения – очная)		
	Всего по плану	в т.ч. по семестрам	
		1-7	8
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	64	-	64
Аудиторные занятия:			
• лекции	32	-	32
• Семинары и практические занятия	32	-	32
• лабораторные работы, практикумы	-	-	-
Самостоятельная работа	44	-	44
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Устный опрос, тестирование, решение задач	-	Устный опрос, тестирование, решение задач
Курсовая работа	-	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)		-	
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>108</b>

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий				
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме (в т.ч.)	Самостоятельная работа
		лекции	практические занятия, семинары	лабораторные работы		
1. Кристаллическое строение твердого тела	19	2	3			14
2. Дефекты в твердых телах	24	4	4			16
3. Механические свойства твердых тел	20	4	2			14
4. Диаграммы состояния	23	4	4			15
5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	20	4	2			14
6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	24	6	4			14
7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	26	6	4			16
8. Технология тонких пленок	24	6	4			14
Экзамен	36					
<b>ИТОГО:</b>	<b>216</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>44</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

#### **Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела**

Тема 1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индексирование направлений, плоскостей (три способа).

Тема 2. Решетки Браве. Примеры простых кристаллографических структур.

#### **Раздел 2. Дефекты в твердых телах**

Тема 3. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.

Тема 4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.

Тема 5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.

Тема 6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

### **Раздел 3. Механические свойства твердых тел**

Тема 7. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.

Тема 8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

Тема 9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.

### **Раздел 4. Диаграммы состояния**

Тема 10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.

Тема 11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

Тема 12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации.

Тема 13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).

Тема 14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.

### **Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.**

Тема 15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

Тема 16. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

### **Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты**

Тема 17. Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.

Тема 18. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

Тема 19. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.

### **Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов**

Тема 20. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.

Тема 21. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

Тема 22. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.

Тема 23. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.

Тема 24. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение.

### **Раздел 8. Технология тонких пленок**

Тема 25. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.

Тема 26. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

Тема 27. Пленки Ленгмюр-Блуджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.

Тема 28. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

Тема 29. Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.

Тема 30. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.

Тема 31. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.

Тема 32. Литография. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

## **6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

### **Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела**

**Тема 1.** Аморфные и кристаллические тела. Индексирование направлений, плоскостей в кристалле (дискуссия).

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Индексирование плоскостей в кристалле тремя методами: метод отрезков, по символам атомных рядов, по координатам трех узлов кристаллической решетки (КР).
2. Решетки Браве. Сингонии, элементы симметрии.
3. Особенности индексирования гексагональных КР

### **Раздел 2. Дефекты в твердых телах**

**Тема 3.** Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов по Шоттки.

**Тема 6.** Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида. Дефекты упаковки и

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

частичные дислокации. Границы зерен.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Аналитический вывод зависимости концентрации тепловых точечных дефектов от температуры.
2. Описание работы источника дислокаций по механизму скольжения и переползания.
3. Механизм возникновения дефектов упаковки и границ зерен.

### **Раздел 3. Механические свойства твердых тел**

**Тема 8.** Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Количественные характеристики пластических свойств материалов.
2. Механизмы хрупкого разрушения. Теория Гриффитса и Орована.

### **Раздел 4. Диаграммы состояния**

**Тема 11.** Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.

**Тема 13.** Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического типа).

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Метод построения диаграмм фазового состояния.
2. Количественное описание изменения состава и концентрации сплавов по диаграмме состояния.

### **Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей**

**Тема 15.** Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству.

**Тема 16.** Легированные стали. Основные легирующие элементы. Маркировка легированных сталей.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Классификация сталей, области применения.
2. Расшифровка марок сталей.

### **Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты**

**Тема 17.** Классификация наноматериалов. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.

**Тема 18.** Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Вывод соотношения для температуры плавления нанокластера.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

2. Удельная поверхность. Распределение по размерам.

### **Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов.**

**Тема 21.** Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Консолидация объемных наноматериалов.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Технологические особенности мельниц для получения наночастиц.
2. Методики синтеза дисперсных наноматериалов.

### **Раздел 8. Технология тонких пленок**

**Тема 26.** Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.

**Тема 28.** Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

**Вопросы по темам раздела (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения)**

1. Механизм роста эпитаксиальных пленок. Технологические особенности реализации.
2. Электрохимические методы формирования пористых наноструктур. Механизмы порообразования. Возможность получения тонких композитных пленок.

## **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## **8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ**

1. Аморфные и кристаллические тела. Структура кристаллов и пространственная решетка. Индексирование направлений, плоскостей (три способа).
2. Решетки Бравэ. Примеры простых кристаллографических структур.
3. Дефекты в твердых телах. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты (по Френкелю и Шоттки). Равновесная концентрация точечных дефектов.
4. Радиационные дефекты. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса.
5. Напряжения, необходимые для образования дислокации в совершенном кристалле. Движение дислокаций. Напряжения, связанные с дислокациями. Энергия дислокации. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.
6. Источники дислокаций. Механизм Франка-Рида и Бардина-Херинга. Дефекты упаковки и частичные дислокации. Границы зерен.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

7. Механические свойства твердых тел. Механические напряжения и деформация. Закон Гука для изотропных твердых тел.
8. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Механизмы пластической деформации (двойникование, скольжение, дислокационный). Фактор Шмидта. Хрупкое разрушение.
9. Диаграмма напряжение-деформация. Характеристики упругости, пластичности и прочности. Критерий неустойчивости Консидера.
10. Формирование структуры металла при кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Строение металлического слитка. Полиморфные превращения.
11. Строение свойства сплавов. Виды сплавов: механическая смесь, химическое соединение и твердый раствор. Классификация твердых растворов: внедрения, замещения, вычитания.
12. Методы построения диаграмм состояния. Химический потенциал. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем при неограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Правило рычага. Темп кристаллизации.
13. Диаграммы состояния двойных систем при ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии (эвтектического и перитектического типа, химическое соединение).
14. Диаграмма состояния железо-углерод. Стабильная и метастабильная диаграмма. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях.
15. Углеродистые стали. Классификация по типу раскисления, по структуре, по качеству. Легированные стали. Основные легирующие элементы. Классификация по структуре, по количеству легирующих элементов, по назначению. Маркировка легированных сталей.
16. Особенности структуры наноматериалов. Закон Холла-Петча. Термодинамическая модель кластера. Понижение температуры плавления кластеров.
17. Характеристика дисперсности наноматериалов. Поверхность, границы, морфология наноматериалов. Электрические, магнитные, тепловые свойства наноматериалов.
18. Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Физические методы.
19. Механические методы получения порошковых частиц. Мельницы. Ударно-волновой синтез, кавитационный. Консолидация объемных наноматериалов.
20. Получение нанокристаллических материалов. Интенсивная пластическая деформация. Аморфные металлические сплавы (АМС). Методы получения АМС.
21. Химические методы получения наночастиц и материалов: осаждения, золь-гель метод, газофазные реакции.
22. Основные разновидности углерода. Углеродные нанотрубки (УНТ), фуллерен, графен. Методы получения, свойства, применение
23. Тонкие пленки. Термовакuumное напыление тонких пленок. Ионно-плазменные методы получения тонких пленок.
24. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.
25. Пленки Ленгмюр-Блоджетт. Фазовая диаграмма. Методика получения. Применение.
26. Анодные оксидные пленки. Технология получения. Режимы анодного воздействия (потенцио- и гальваностатический). Анодное окисление алюминия. Механизмы

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

роста пористого анодного оксида алюминия (ПАОА). Получение высокоупорядоченного ПАОА. Формирование сотовой структуры ПАОА. Применение ПАОА.

27. Анодное окисление титана. Механизмы роста пористого оксида титана. Получение нанотрубчатого оксида титана. Применение.
28. Анодное растворение полупроводников. Механизм роста макро- и нанопористого кремния. Применение.
29. Катодное осаждение в технологии микро и наноструктур. Физико-химические основы катодного осаждения. Осаждение металлов и сплавов, матричное осаждение.
30. Литография. Фотолитография, электроннолучевая, рентгеновская, лазерная. Наноманипуляция и нанолитография. Мягкая литография.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Форма обучения **очная**

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы ( <i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, зачета и др.</i> )	Объем в часах	Форма контроля ( <i>проверка решения задач, реферата и др.</i> )
Раздел 1. Кристаллическое строение твердого тела	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	14	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 2. Дефекты в твердых телах	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	16	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 3. Механические свойства твердых тел	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	14	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 4. Диаграммы состояния	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	15	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 5. Углеродистые и легированные стали. Маркировка сталей.	Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета	14	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 6. Структура наноматериалов и размерные эффекты	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	14	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 7. Производство порошковых и объемных наноматериалов	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	16	Устный опрос, тестирование, решение задач
Раздел 8. Технология тонких пленок	Проработка учебного материала, решение задач, подготовка к сдаче зачета	14	Устный опрос, тестирование, решение задач

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

### Основная:

1. Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов / Ю. П. Солнцева, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под редакцией Ю. П. Солнцев. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 336 с. — ISBN 078-5-93808-346-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97818.html>
2. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 190 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/434532>
3. Наноструктурные материалы : учебное пособие / под редакцией Р. Ханнинк. — Москва : Техносфера, 2009. — 488 с. — ISBN 978-5-94836-221-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/12730.html>

### Дополнительная:

4. Павлов, П.В. Физика твердого тела [Текст] : учебник / П.В. Хохлов, А.Ф. Хохлов. — Нижний Новгород : Нижегород. ун-т, 1993. — 490 с
5. Новиков, И.И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки [Текст] : учебник для вузов / И.И. Новиков, К.М. Розин. — М. : Металлургия, 1990. — 336 с.
6. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
7. Филяк, М. М. Получение и исследование анодного оксида алюминия : практикум / М. М. Филяк, О. Н. Каныгина. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 104 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/33650.html>.
8. Глущенко, А. Г. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / А. Г. Глущенко, Е. П. Глущенко. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 269 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/75388.html>

### Учебно-методическая:

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Материаловедение наноматериалов и наносистем» для студентов бакалавриата всех форм обучения / М. Ю. Махмуд-Ахунов; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2019. - Загл. с экрана; Неопубликованный ресурс. - Электрон. текстовые дан. — URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/6411>

Согласовано:

*И. Библиотечник* / *Глушкова А.Г.* / *А.У.*  
 Должность сотрудника научной библиотеки      ФИО      подпись

### б) Программное обеспечение

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

не предусмотрено

## **в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2023]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство «ЮРАЙТ». – Москва, [2023]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Политехресурс». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО «Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг». – Москва, [2023]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Букап». – Томск, [2023]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС «Лань». – Санкт-Петербург, [2023]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО «Знаниум». - Москва, [2023]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. / ООО «Консультант Плюс» - Электрон.дан. - Москва :КонсультантПлюс, [2023].

### **3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2023]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.2. Электронная библиотека «Издательского дома «Гребенников» (Grebinnikon) : электронная библиотека / ООО ИД «Гребенников». – Москва, [2023]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека»:** электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2023]. – URL:<https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. Российское образование:** федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

Ульяновский государственный университет Инженерно-физический факультет высоких технологий Кафедра физического материаловедения	Форма	
Ф - Учебная программа		

**6. Электронная библиотечная система УлГУ** : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Согласовано:

Инженер ведущий / Щуренко Ю.В. /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника УИИТ ФИО подпись дата

## 12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории.

## 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик  доцент, Махмуд-Ахунов Марат Юсупович  
подпись должность, ФИО