

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Автомобильное отделение



Утверждаю

Заместитель директора  
по образовательной деятельности  
НЧИ КФУ Н.Д.Ахметов



« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## **Программа дисциплины** Нанотехнологии в машиностроении

Направление подготовки: 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль подготовки: Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Мухаметзянова Г.Ф. (Кафедра материалов, технологий и качества, Автомобильное отделение), GFMuhametzyanova@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-19	способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с основной образовательной программой магистратуры)

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

новые материалы, используемые в машиностроении, физическую сущность, сущность нанотехнологий, области их применения.

Должен уметь:

использовать нанотехнологии для изготовления определенных машиностроительных изделий.

Должен владеть:

способностью к эксплуатации современного оборудования и приборов в области технологий получения наноматериалов в практической профессиональной деятельности.

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств)" и относится к вариативной части.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 18 часа(ов), в том числе лекции - 6 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия и определения. Физические основы нанотехнологий. Классификация наноматериалов. Современные					

методы исследования наноматериалов.

3

2

4

0

14

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Наноматериалы для машиностроения. Методы и способы применения нанотехнологий в машиностроении.	3	2	4	0	20
3.	Тема 3. Наноструктурированный металлорежущий инструмент. Перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.	3	2	4	0	20
	Итого		6	12	0	54

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### **Тема 1. Основные понятия и определения. Физические основы нанотехнологий. Классификация наноматериалов. Современные методы исследования наноматериалов.**

Задачи курса. Основные понятия и определения: наносистема, наноматериалы, нанотехно-логия, нанотехника. Роль нанотехнологий в современных условиях. Роль поверхностных состояний. Увеличение влияния поверхностных явлений при переходе к нанобъектам. Пространственные виды нанобъектов. Пространственное квантование. Туннельный эффект. Роль и место пространственного квантования и туннельного эффекта в нанотехнологиях. Углеродные нанотрубки. Фуллерены. Графен. Нанокристаллы. Аэрогель. Аэрографит. Электронная микроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Спектральные методы исследования.

##### **Тема 2. Наноматериалы для машиностроения. Методы и способы применения нанотехнологий в машиностроении.**

Нанопорошки (особенности структуры и свойств, основные методы получения, применение). Оксиды металлов. Смеси и сложные оксиды. Наноструктурированные материалы на твердой основе. Напыление. Структурирование. Покрытие. Упрочнение нержавеющей, конструкционных инструментальных сталей. Упрочнение твердых сплавов.

##### **Тема 3. Наноструктурированный металлорежущий инструмент. Перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.**

Методы нанесения наноструктурированных покрытий на монокристаллический инструмент: покрытия CVD (Chemical Vapor Deposition), покрытия PVD (Physical Vapor Deposition), многокомпонентные наноструктурированные покрытия. Наноабразивный инструмент. Алмазное наноточение. Монокристаллический инструмент с многослойным мультикомпонентным наноструктурированным покрытием. Восстановление режущих свойств инструмента. Разработка и изготовление специального инструмента. Состояние нанотехнологической отрасли в современном машиностроении. Перспективы внедрения нанотехнологических разработок в производство.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ПК-19	1. Основные понятия и определения. Физические основы нанотехнологий. Классификация наноматериалов. Современные методы исследования наноматериалов. 2. Наноматериалы для машиностроения. Методы и способы применения нанотехнологий в машиностроении. 3. Наноструктурированный металлорежущий инструмент. Перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.
2	Реферат	ПК-19	1. Основные понятия и определения. Физические основы нанотехнологий. Классификация наноматериалов. Современные методы исследования наноматериалов. 2. Наноматериалы для машиностроения. Методы и способы применения нанотехнологий в машиностроении. 3. Наноструктурированный металлорежущий инструмент. Перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.
3	Письменная работа	ПК-19	1. Основные понятия и определения. Физические основы нанотехнологий. Классификация наноматериалов. Современные методы исследования наноматериалов. 2. Наноматериалы для машиностроения. Методы и способы применения нанотехнологий в машиностроении. 3. Наноструктурированный металлорежущий инструмент. Перспективы развития нанотехнологий в машиностроении.
	<b>Зачет</b>	ПК-19	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Используются источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Используются источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	2
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Семестр 3

#### Текущий контроль

#### 1. Устный опрос

Темы 1, 2, 3

Контрольные вопросы:

1. Что подразумевается под понятием "наносистема"?
2. Отличительные свойства аэрографита.
3. Основные методы получения нанопорошков.
4. Что такое "золь-гель - технология".
5. Отличительные особенности абразивного наноинструмента?
6. Что входит в понятие нанотехнологии?
7. Чем определяется диапазон измерений наночастиц и наноструктур, которые используются в нанотехнологиях?
8. Назовите частицы, относящиеся к одно- двух- и трехмерным нанобъектам.
9. Что означают термины, используемые для способов получения наночастиц: подходы ?сверху? и ?снизу?? Чем отличаются образующиеся при этом структуры?
10. Какая степень измельчения веществ достигается в современных устройствах для диспергирования материалов?
11. Каковы достоинства и недостатки диспергационных методов?

12. Поясните принцип метода диспергирования потоком жидкости или газа.
13. В чем заключается способ получения наночастиц методом молекулярных пучков? Каковы достоинства и недостатки способа?
14. Изобразите принципиальную схему метода газофазного синтеза металлических наночастиц.
15. Какие материалы получают при детонационном синтезе?
16. Какие условия влияют на текстуру осадка при электрохимическом синтезе?
17. Каковы достоинства и недостатки плазмохимического способа получения наноразмерных частиц?
18. Какие соединения используются в процессах получения наночастиц в методе термического разложения?
19. Что такое криохимический синтез?
20. Что представляет собой углеродная нанотрубка? Какие их виды существуют?
21. Поясните методы получения углеродных нанотрубок.
22. Какие механические свойства характерны для углеродных нанотрубок?
23. Какие физические свойства характерны для фуллеренов?
24. Перечислите и поясните химические свойства фуллеренов.
25. В каких отраслях находят применение фуллерены?
26. Какие способы существуют для получения наноразмерных частиц металлов в растворах?
27. Какие сведения о наноматериалах позволяет получить просвечивающая электронная микроскопия? Какова ее разрешающая способность?
28. Изобразите и поясните принципиальную схему работы просвечивающего электронного микроскопа.
29. В чем различия растровой и просвечивающей электронной микроскопии?
30. Какую информацию о веществе дает метод растровой электронной микроскопии? Какова его разрешающая способность?

## **2. Реферат**

Темы 1, 2, 3

Примерная тематика рефератов:

1. Методы нанесения наноструктурированных покрытий на монокристаллический инструмент.
2. Разработка многокомпонентных наноструктурированных покрытий для режущего инструмента.
3. Наноабразивный инструмент. Алмазное наноточение.
4. Монокристаллический инструмент с многослойным мультикомпонентным наноструктурированным покрытием.
5. Упрочнение нержавеющей, конструкционных и инструментальных сталей с использованием нанотехнологий.
6. Наноабразивный инструмент: технология получения, применение, преимущества.
7. Полимерные наноматериалы.
8. Применение нанотехнологии и наноматериалов в производстве режущего инструмента.
9. Углеродные нанокластеры наноструктуры, и наноматериалы.
10. Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем.
11. Применение нанотехнологии и наноматериалов в технологических жидкостях.
12. Применение нанотехнологии и материалов на этапе создания машиностроительной продукции.
13. Объемные наноматериалы, полученные интенсивной пластической деформацией.
14. Технологические особенности и оборудование для реализации процессов осаждения нанопокровов машиностроительного назначения.
15. Композиционные материалы с наноструктурными фазами.
16. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Структура и состав. Методы получения.
17. Порошковые наноматериалы. Основные методы получения и направления практического использования.
18. Наноструктурированные материалы. Основные методы получения и направления практического использования.
19. Нанокompозитные материалы.
20. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур.

## **3. Письменная работа**

Темы 1, 2, 3

К выполнению письменных работ можно приступать только после изучения соответствующей темы (раздела, подраздела). При выполнении письменных работ необходимо соблюдать следующие общие требования: - при написании конспекта, письменных ответов на вопросы, рефератов, эссе и т.п. текст не должен дословно повторять текст учебника (учебного пособия), Интернет-ресурса или инструкции; - текст необходимо писать грамотно, разборчиво, шрифтом 3 или 4; - графический материал оформлять в соответствии с ГОСТом.

Примерные варианты заданий для письменной работы:

1. В чем сущность восходящего и нисходящего подходов в практике нанотехнологического производства?
2. Каковы особенности восходящего подхода как безотходного молекулярного дизайна изделия?
3. Назовите основные элементарные объекты и основные механизмы нанотехнологического конструирования?
4. Дайте характеристику механосинтеза с помощью СЗМ как метода предельной миниатюризации при создании наноматериалов, нанообъектов, наноустройств.



5. Какую роль играют процессы самосборки в создании материалов и устройств на атомно-молекулярном уровне?
6. В чем заключается принцип молекулярного распознавания в процессах самосборки?
7. Что представляют собой нанокластеры как элементарный объект нанотехнологий и каковы особенности конструирования материалов на их основе?
8. Опишите основные группы кластерных материалов.
9. Какие методы применяют для получения кластеров?
10. Укажите основные технологии формирования поверхностных слоев с атомарной точностью.
11. В чем сущность метода молекулярно-лучевой эпитаксии, каковы его возможности при создании нанослоев?
12. Что представляют собой квантовые ямы, проволоки, точки, где они применяются?
13. Дайте характеристику метода прецизионной литографии как метода искусственной nanoорганизации.
14. Какие методы порошковой металлургии наиболее целесообразны для получения наноматериалов и почему?
15. Назовите основные группы наноматериалов, получаемых порошковой технологией, и перспективные области их применения.
16. Опишите сущность интенсивной пластической деформации (ИПД). Укажите основные достоинства ИПД по сравнению с другими технологиями получения наноматериалов.
17. Какие технологии применяют для формирования нанокристаллических покрытий?
18. Каковы основные механизмы управления размерами зерен покрытий, осаждаемых PVD-методами?
19. Какими свойствами обладают многослойные наноструктурные покрытия, на основе сочетания каких материалов целесообразно их формирование?
20. Укажите примеры практического применения инструментальных наноматериалов.
21. В каких областях наиболее целесообразно использование наноструктурных покрытий, в том числе многофункциональных?
22. Что представляют собой нанопористые материалы и каковы перспективы их применения?
23. Предложить способ и описать технологию синтеза металлического порошка титана BT1-00 с размером частиц порошка до 100нм.
24. Предложить способ и описать технологию синтеза металлического порошка ПР-07X18H12M2с фракционным составом 0-20мкм для использования при 3-D лазерном спекании.
25. Предложить способ и описать технологию синтеза порошка оксида алюминия с фракционным составом 0-5мкм, используемого для изготовления спекаемых керамических изделий.
26. Предложить способ нанесения покрытий на коррозионностойкой стали типа 12X18H10T, обладающей свойствами износостойкости, твердости и антиадгезионности и описать технологию нанесения покрытия.
27. Предложить способ получения объемной заготовки из материала титанового сплава BT1-00 массой 500 г с пределом прочности 1000 МПа.
28. Предложить способ получения порошка карбида кремния с размером частиц менее 1 мкм и описать технологию получения.
29. Предложить способ получения порошка оксида алюминия с размером частиц менее 1 мкм и описать технологию получения.
30. Предложить способ и описать технологию синтеза металлического порошка меди с размером частиц порошка до 50-200нм.

#### **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Классификация нанотехнологий.
2. Классификация и перспективы развития наноразмерных объектов и наноматериалов.
3. Состояние и перспективы применения нанотехнологий для машиностроения.
4. Фуллерены.
5. Нановолокна и нанотрубки.
6. Особенности квантовых точек.
7. Перспективы использования графена.
8. Физические особенности наноматериалов.
9. Ограничения по использованию наноматериалов и нанопокровтий.
10. Нанопокровтия в изделиях машиностроения.
11. Объемные наноматериалы в машиностроении.
12. Перспективы нанотехнологий в системах записи и хранения информации.
13. Типы структур наноматериалов.
14. Композитные наноматериалы.
15. Методы порошковой металлургии при получении наноматериалов.
16. Методы получения наноматериалов с использованием аморфизации.
17. Методы получения наноматериалов интенсивной пластической деформацией.
18. Методы спекания нанопорошков для получения материалов.
19. Компактирование при производстве наноматериалов.
20. Химические основы получения наноматериалов.

21. Обзор электронных микроскопов.
22. Просвечивающая электронная микроскопия.
23. Растровая сканирующая электронная микроскопия.
24. Сканирующая зондовая микроскопия.
25. Обзор современных зондовых микроскопов.
26. Методы поверхностных наноизмерений.
27. Современные устройства атомно-силовой микроскопии.
28. Устройства для дифракционного анализа.
29. Спектральные методы оценки наноструктур.
30. Рентгеновские методы оценки наноструктур.
31. Наноиндентирование и микроиндентирование.
32. Скратч-тестирование при оценке свойств наноструктурированных пленок и покрытий.
33. Калотестирование при оценке толщины пленок и покрытий.
34. Трибологические свойства наноструктурных пленок и покрытий.
35. Адгезионные свойства нанопокровов.
36. Особенности физико-механических свойств наноструктурированных покрытий.
37. Особенности диагностики многослойных наноструктурных покрытий.
38. Основы нанометрологического обеспечения измерений покрытий.
39. Сравнение международных и отечественных стандартов для оценки нанообъектов.
40. Проблемы безопасности при работе с нанообъектами.
41. Размерная нанообработка на станках ЧПУ. Классификация.
42. Обзор оборудования для размерной нанообработки.
43. Нанолитография.
44. Нанопорошки и их использование в машиностроении.
45. Основные типы устройств для наноперемещений.
46. Наноактуаторы и нанопозиционеры.
47. Нанороботы и наноманипуляторы.
48. Методы нанесения нанопокровов.
49. Получение алмазоподобных наноструктурированных покрытий.
50. Наномшины и их использование.
51. Многофункциональные наноструктурированные пленки.
52. Ионная имплантация и плакирование при получении заданных свойств покрытий.
53. PVD-методы получения наноструктурных пленок.
54. CVD-технологии получения нанопокровов.
55. PECVD-технологии получения покрытий.
56. Лазерная абляция при получении наноструктурированных покрытий.
57. Методы световой и ионной литографии для получения наноструктурированных покрытий.
58. Многофункциональные наноструктурные покрытия.
59. 2D-и 3D-наноструктурированные покрытия.
60. Метод катодного распыления для получения покрытий.

#### **6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	20
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	2	20
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	10
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями и предоставленных доступов НЧИ КФУ;

- в печатном виде - в фонде библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов библиотеки Набережночелнинского института (филиала) КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Атлас микроструктур - [http://www.fnm.msu.ru/images/files/documents/library/master/microstructures\\_atlas.pdf](http://www.fnm.msu.ru/images/files/documents/library/master/microstructures_atlas.pdf)

Журнал "Российские нанотехнологии" - <https://nanorf.elpub.ru/jour>

Сайт Государственной корпорации "Российская корпорация" - [www.rusnano.com](http://www.rusnano.com)

Электронный каталог библиотек МГУ - <https://www.msu.ru/libraries/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий лекционные занятия могут проводиться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.
практические занятия	Работа на практических занятиях предполагает активное участие в осуждении выдвинутых в рамках тем вопросов. Для подготовки к устному опросу рекомендуется обращать внимание на проблемные вопросы и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных проблем. В текстах авторов, таким образом, следует выделять следующие компоненты: - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий практические занятия могут проводиться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа обучающихся имеет своей целью глубокое усвоение материала дисциплины, воспитание высокой творческой активности, инициативы, привычки к постоянному совершенствованию своих знаний, совершенствованию и закреплению навыков самостоятельной работы с литературой, умению найти нужный материал и самостоятельно его использовать. Основным условием успеха самостоятельной работы является её систематичность и планомерное распределение в течение всего периода изучения дисциплины. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий контроль самостоятельной работы может проводиться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.
письменная работа	Работа выполняется письменно, самостоятельно и сдаётся преподавателю. Для выполнения письменной работы рекомендуется использовать лекционный материал, методические указания данные преподавателем, а также источники основной и дополнительной литературы. Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий контроль за выполнением работы может осуществляться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.
реферат	Освоение дисциплины предполагает самостоятельное выполнение заданий в виде написания реферата по заданной теме. При написании реферата необходимо следовать следующим правилам: раскрытие темы реферата предполагает наличие нескольких источников (как минимум 8-10 публикаций, монографий, справочных изданий, учебных пособий) в качестве источника информации. Подготовка к написанию реферата предполагает внимательное изучение каждого из источников информации и отбор информации непосредственно касающейся избранной темы. На этом этапе работы важно выделить существенную информацию, найти смысловые абзацы и ключевые слова, определить связи между ними. Сведение отобранной информации непосредственно в текст реферата, должно быть выстроено в соответствии с определенной логикой. Реферат должен состоять из: введения, основной части, заключения, списка использованной литературы. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий контроль работы может проводиться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.

Вид работ	Методические рекомендации
устный опрос	При подготовке к устному опросу материал, законспектированный на лекциях, можно дополнять сведениями из литературных источников. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса. В случае применения в образовательном процессе дистанционных образовательных технологий устный опрос может осуществляться на следующих платформах и ресурсах: в команде "Microsoft Teams" и иных дистанционных ресурсах.
зачет	При подготовке к зачету необходимо опираться, прежде всего, на практические занятия и материалы, проработанные самостоятельно, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение семестра. Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет ресурсы: проводить поиск в различных системах, сайтах и обучающих программ, в том числе рекомендованных преподавателем. Зачет проводится в письменной форме по билетам, в билете два вопроса. Процедура текущего контроля успеваемости обучающихся может проводиться с использованием электронной информационно-образовательной среды КФУ, дистанционных образовательных технологий.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.04.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" и магистерской программе "Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль подготовки: Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

#### Основная литература:

1. Введение в нанотехнологию : учебник / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 464 с. - ISBN 978-5-8114-1318-8. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168460> (дата обращения: 27.05.2021). - Текст : электронный.
2. Гильмутдинов И. И. Наноматериалы и сверхкритические флюидные нанотехнологии в нефтедобыче и нефтепереработке : учебно-методическое пособие / И. И. Гильмутдинов, И. В. Кузнецова, И. М. Гильмутдинов. - Казань : КНИТУ, 2019. - 96 с. - ISBN 978-5-7882-2539-5. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788225395.html> (дата обращения: 27.05.2021). - Текст : электронный.
3. Научно-технические технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Суслов, Б. М. Базров, В. Ф. Безъязычный, Ю. С. Авраамов. - Москва : Машиностроение, 2012. - 528 с. - ISBN 978-5-94275-619-2. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5795> (дата обращения: 20.08.2020). - Текст : электронный.

#### Дополнительная литература:

1. Волков Г. М. Нанотехнология в машиностроении : учебник / Г. М. Волков. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 307 с. - (Высшее образование : Магистратура). - ISBN 978-5-16-014405-4. - URL : <https://znanium.com/catalog/product/1088075> (дата обращения: 20.08.2020). - Текст : электронный.
2. Ищенко А. А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля : монография / А. А. Ищенко, Г. В. Фетисов, Л. А. Асланов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1369-4. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5271> (дата обращения: 20.08.2020). - Текст : электронный.
3. Сироткин О. С. Основы инновационного материаловедения : монография / О.С. Сироткин. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 157 с. - (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-009755-8. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1068797> (дата обращения: 27.05.2021). - Текст : электронный.

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 15.04.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль подготовки: Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2020

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.