

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
Бурмистров А.В.  
(подпись)  
«04» \_\_\_\_\_ 07 2019 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.08 Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий

Направление подготовки  
28.04.02 «Наноинженерия»

Направленность (профиль) программы  
Наноструктурированные натуральные и искусственные материалы

Квалификация (степень) выпускника магистр  
Форма обучения очная

Институт, факультет Институт нефти, химии и нанотехнологий, факультет наноматериалов и нанотехнологий  
Кафедра-разработчик рабочей программы Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов

Курс; семестр 1; 2

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	-	-
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	54	1,5
Экзамен	36	1
Всего	144	4

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 919 от 19.09.2017) по направлению 28.04.02 «Наноинженерия», направленность (профиль) программы «Наноструктурированные натуральные и искусственные материалы» на основании учебного плана набора обучающихся 2019 года поступления. Примерная программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

Доцент каф. ПНТВМ  
(должность)

  
(подпись)

М.М. Миронов  
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПНТВМ, протокол № 15 от 02.07.2019 г.

Зав. кафедрой ПНТВМ, профессор



Э.Ф. Вознесенский

#### **УТВЕРЖДЕНО**

Протокол заседания методической комиссии факультета, реализующего подготовку образовательной программы, к которому относится кафедра-разработчик РП (ФНН) от 03.07.2019 г. № 21/2

Председатель комиссии, профессор



В.А. Сысоев

Зав. отделом магистратуры



Я.Р. Валитова

### ***1. Цели освоения дисциплины***

Целями освоения дисциплины «Технология и оборудование получения наноструктурированных материалов» являются

а) Способность организовывать лабораторный контроль при получении наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами.

б) Способность разрабатывать техническое задание на производство наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами.

в) Способность организовывать и контролировать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

г) Способность осуществлять согласование и утверждение технических заданий на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

### ***2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы***

Дисциплина «Технология и оборудование получения наноструктурированных материалов» относится к части формируемой участниками образовательных отношений блока 1 ПМ «Наноструктурированные натуральные и искусственные материалы» и формирует у магистров по направлению подготовки 28.04.02 «Наноинженерия» набор компетенций (ПК-7, ПК-10, ПК-8, ПК-9).

Дисциплина «Технология и оборудование получения наноструктурированных материалов» необходима для успешного выполнения научно-исследовательских и инновационных работ.

### ***3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины***

ПК-7 Способность организовывать лабораторный контроль при получении наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами.

ПК-8 Способность разрабатывать техническое задание на производство наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами.

ПК-9 Способность организовывать и контролировать процессы измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

ПК-10 Способность осуществлять согласование и утверждение технических заданий на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

*знать:*

а) основные задачи в области Технологии и оборудования получения наноструктурированных материалов ;

б) организацию лабораторного контроля при получении наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами.

*уметь:*

а) использовать источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области Технологии и оборудования получения наноструктурированных материалов

б) разрабатывать техническое задание на производство наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами;

*владеть навыками:*

а) организации и контроля процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

б) согласования и утверждения технических заданий на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования для измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

**4. Структура и содержание дисциплины *Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий***

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п /п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия, лабораторные практикумы)	Лабораторные работы	СРС	
1	Раскрытие задач в области технологии и оборудования получения наноструктурированных покрытий.	2	4	-	9	10	Отчет по лабораторной работе
2	Лабораторные исследования и организация лабораторного контроля при получении наноструктурированных композиционных покрытий с заданными свойствами.	2	4		9	10	Отчет по лабораторной работе
3	Разработка технического задания на производство наноструктурированных композиционных покрытий с новыми свойствами. Этапы постановки продукции на производство.	2	6		9	20	Отчет по лабораторной работе  Реферат

4	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур покрытий. Согласование и утверждение технических заданий на модернизацию и внедрение новых методов и оборудования и измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур в покрытиях.	2	4		9	14	Отчет по лабораторной работе
Форма аттестации							Экзамен

**5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций**

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Раскрытие задач в области технологии и оборудования получения наноструктурированных материалов и покрытий из них.	4	Задачи в области технологии и оборудования получения наноструктурированных материалов и покрытий из них.	Понятия в области технологии, процессах производства продукции с покрытиями из наноматериалов. Составные элементы и классификация оборудования и технологий.	ПК-7
2	Лабораторные исследования и организация лабораторного контроля при получении наноструктурированных композиционных материалов с	4	Параметры оборудования и свойства продукции, их взаимосвязь. Лабораторный контроль в производстве	Контрольно-измерительная аппаратура на основе систем АСУТП. Инструментальная метрология наносистем. Эталонная база. М	ПК-8

	заданными свойствами в виде покрытий.		наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами.	метрологическое оборудование воспроизведения эталонов. Классификация композитов и связь состава и структуры с лабораторными исследованиями	
3	Разработка технического задания на производство наноструктурированных композиционных материалов в виде покрытий с новыми свойствами. Этапы постановки продукции на производство.	6	Этапы постановки продукции на производство. Техническое задание (ТЗ) на производство нанотехнологии на этапах промышленного внедрения. ТЗ на оборудование. Этапы разработки и контроля.	Нормативные документы по этапам постановки продукции на производство и разработке техдокументации на технологию и оборудование. Плазменные, вакуумные, электрохимические и наплавочные нанотехнологии. Контроль продукции, влияние параметров техпроцесса на продукт. Учет фактора неопределенности при метрологии наносистем	ПК-9, ПК-10
4	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур в составе покрытий. Согласование и утверждение технических заданий на модернизации и внедрение новых методов и оборудования и измерения параметров и	4	Организационные основы контроля процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур в промышленности и на этапах разработки. Технологическое	Метрологическое обеспечение производства нанопокровтий. Термовакuumное, микронаплавочное, электротермическое, газотермическое оборудование. Плазменное оборудование отечественного и зарубежного производства, особенности и конструкция	ПК-9, ПК-10

	модификации свойств наноматериалов и наноструктур покрытий.		оборудование плазменных процессов в РФ и за рубежом, как основа нанотехнологий и его параметры.	установок CVD и PVD, а также высокочастотного плазменного оборудования и технологий. Техническое задание на получение нанопродукции с заданными свойствами, как результат обобщения научных исследований в нанотехнологиях	
--	---	--	---	--	--

### **6. Содержание практических занятий**

Практические работы по дисциплине не предусмотрены

### **7. Содержание лабораторных занятий**

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Часы</b>	<b>Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Раскрытие задач в области технологии и оборудования получения наноструктурированных материалов и покрытий из них. Раскрытие сущности метрологического обеспечения нанотехнологий с учетом особенностей наночастиц и наноструктурированных материалов.	6	Плазменные технологии и установки как ведущее направление в формировании наноструктурированных покрытий. Практическое ознакомление с плазменным, электроискровым наплавочным оборудованием и нанотехнологий. Место наночастиц в шкале градации размеров, массы и концентрации молекулярных и дисперсных материалов. Перевод размерности характеристик нанодисперсий в систему СИ. Производство наноматериалов на плазменных,	<i>ПК-7</i>

			газотермических установках. <i>Лабораторная работа 1 с измеряемыми параметрами техпроцесса и характеристиками продукции.</i>	
2	Лабораторные исследования и организация лабораторного контроля при получении наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами в виде покрытий.	6	Исследование влияния основных параметров плазменного оборудования на характеристики наноструктурированных покрытий. Понятие об образцах-свидетелях, основные требования к ним и их изготовление. Получение композиционных покрытий из сверхтвердых соединений методом КИБ и ЭИЛ. Измерение толщины и нанотвердости наноструктурированного покрытия. <i>Лабораторная работа 2 с таблицей режимов и схемой плазменной установки</i>	<i>ПК-8</i>
3	Разработка технического задания на производство наноструктурированных композиционных покрытий с новыми свойствами .Этапы постановки продукции на производство.	12	Подготовка образцов для исследования на измерительном оборудовании.Получение композиционных покрытий из сверхтвердых соединений на основе корректировки технологических режимов и установление и исследование наноструктуры покрытия. Исследование наноструктуры на электронном микроскопе. Расчет неопределенности размеров элементов фаз.	ПК-9, ПК-10

			<i>Лабораторная работа 3 с расчетом неопределенности характеристик фаз и литерности техдокументации на оборудование и продукцию</i>	
4	Организация и контроль процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур покрытий. Согласование и утверждение технических заданий на модернизации и внедрение новых методов и оборудования и измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур в покрытиях.	12	Подготовка образцов для исследования на измерительном оборудовании. Получение композиционных покрытий из сверхтвердых соединений на основе корректировки технологических режимов и установление и исследование состава покрытия на РФА оборудовании. Разработка проекта технического задания и ТТХ на нанопокрывание на основании проведенных исследований <i>Лабораторная работа 4 с проектом ТЗ</i>	ПК-9, ПК-10

### **8. Самостоятельная работа магистранта**

<b>№ п/п</b>	<b>Темы, выносимые на самостоятельную работу</b>	<b>Часы</b>	<b>Форма СРС</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Наноструктурированные материалы, основные термины и определения. Нормативные документы в области нанотехнологий. Единицы измерения, система СИ, дольные и кратные единицы, основные и производные единицы физических величин.	10	Подготовка материала для реферата по измерениям вакуума, ионного тока, энергии ионов в плазме. Виды электрических газовых разрядов, их особенности и механизм инициирования и развития. Реферат	ПК-7
2	Литерность	20	Подборка нормативной	ПК-8

	технической документации, области исследовательских работ- НИР, ОКР, ОТР. Стандарты и предписания в области постановки продукции на производство..		документации в области постановки продукции на производство. Анализ информационных источников по новейшим методам наноизмерений. Использование полученных знаний при оформлении лабораторных работ.	
3	Методы и оборудование для исследования наноструктуры. Состав и размер элементов нанопокровов. Понятие о структуре и фазах стали, как прототипа формы структурных элементов наноструктурированных покрытий.	24	Принципы измерений состава, концентрации, размеров RX установками. Атомно-силовые микроскопы Подготовка и очистка поверхности для вакуумной ионно-плазменной обработке. Сравнение плазменных установок для получения нанопокровов. Использование полученных знаний при оформлении лабораторных работ	ПК-9, ПК-10

### ***9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.***

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе КНИТУ.

Текущий контроль проводится в рамках всего семестра. Основная цель текущего контроля – повышение интенсивности самостоятельной работы студентов, обеспечение их самоконтроля, оценка восприятия студентами учебного материала и возможность оперативного корректирования учебного процесса преподавателем.

Контрольные точки проводятся по материалу текущего занятия.

. Контрольная точка проводится в форме теста, контрольной работы или коллоквиума. Число контрольных точек, минимальное и максимальное количество баллов за каждую контрольную точку, сроки проведения контроля – устанавливаются кафедрой, ведущей обучение по данной дисциплине, и доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии в семестре.

Результатом текущего контроля является рейтинговая оценка (**Ртек**) определяемая как сумма баллов полученных за все этапы текущего контроля.

. Выдача заданий студентам осуществляется в начале изучения дисциплины. Зачет работ производится на последней неделе после всех

запланированных аттестационных работ.

Значение **Rтек** определяется пределами  $60 < \mathbf{Rтек} < 100$ .

По результатам рейтинга **Rтек** принимается решение о выставлении итоговой оценки по дисциплине.

$0 \leq R_{\text{дис}} < 60$  (2)

$60 \leq R_{\text{дис}} < 73$  (3)

$74 < R_{\text{дис}} < 85$  (4)

$86 < R_{\text{дис}} < 100$  (5)

«неудовлетворительно» (2) «удовлетворительно» (3), «хорошо» (4), «отлично» (5)

Преподавание дисциплины осуществляется при очной форме обучения в 2 семестре и заканчивается экзаменом.

При изучении дисциплины предусматривается экзамен, реферат, выполнение четырех лабораторных работ. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Таблица

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторные работы</i>	<i>4</i>	<i>32 (4x8=32)</i>	<i>48 (4x12=48)</i>
<i>Реферат</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>12</i>
<i>Экзамен</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

## 10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

### 10.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии.- М.: Техносфера, 2010.-528 с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ. Режим доступа: <a href="http://ruslan.kstu.ru/">http://ruslan.kstu.ru/</a> после регистрации в сети IP адреса КНИТУ
2. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением.- М.: Топосфера, 2014.-256 с.	2 экз. в УНИЦ КНИТУ. Режим доступа: <a href="http://ruslan.kstu.ru/">http://ruslan.kstu.ru/</a> после регистрации в сети IP адреса КНИТУ
3. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование\ А.Ф. Ильющенко, А.И. Шведов, Г.Ф. Громько.-Минск: Белорусская наука, 2011.-358 с.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн». Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=86717">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=86717</a> после регистрации в сети IP адреса КНИТУ
4. Сыркин В.Г. CVD-метод. Химическое парофазное осаждение.- М.: Наука, 2000.-496 с.	3 экз. в УНИЦ КНИТУ. Режим доступа: <a href="http://ruslan.kstu.ru/">http://ruslan.kstu.ru/</a> после регистрации в сети IP адреса КНИТУ

### 10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
2. ГОСТ 9.301-78 Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Технические требования.	Доступ из любой точки интернета.
3. ГОСТ 9.305-84. Покрытия металлические и неметаллические, неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.	Доступ из любой точки интернета.
4. ГОСТ Р 55416-2013. Нанотехнологии. Термины и определения. М.Госстандарт 2014г.	Доступ из любой точки интернета

### 10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



Усольцева И.И.

### ***11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

### ***12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).***

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины «Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий» могут быть использованы мультимедийные средства; наборы слайдов; демонстрационные приборы, измерительные средства, вакуумное и ионно-плазменное оборудование нанесения покрытий.

#### *1. Лекционные занятия:*

- a. плакаты схем и конструкций в электронном виде для показа в виде презентаций ,
- b. аудитория, оснащенная мультимедийной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и меловой доской.
- c. демонстрационные материалы и конструкции.

#### *2. Лабораторные работы:*

- a. аудитория кафедры,
- b. лаборатория кафедры со стендами измерительного оборудования: конфокальный лазерный микроскоп, атомно-силовой микроскоп, профилометр, микротвердомер, электронный микроскоп, спектрометр.

*3. Технологическое оборудование нанесения покрытий: ионно-плазменные установки конденсации покрытий, установки вакуумные нанесения покрытий, высокочастотные плазменные установки, электроискровая микронаплавочная установка.*

#### *4. Рабочие места:*

- a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- b. рабочие места магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### ***13. Образовательные технологии***

Учебным планом предусмотрено проведение занятий по дисциплине «Технология и оборудование получения наноструктурированных покрытий »

в интерактивной форме.

36 часов лабораторных работ осуществляется в формате малых групп. Для этого при выполнении лабораторных работ студенты разбиваются на группы по 5-8 человек (в зависимости от наполненности группы). Выбирается старший группы, который самостоятельно или под руководством преподавателя объясняет группе задание, назначает ответственных за выполнение той или иной части работы. Он же составляет отчет по результатам работы, формулирует выводы.

Этот метод позволяет студентам получить руководящие навыки, нести ответственность за группу и результат ее работы. Студенты учатся коллективно выполнять сложносоставные задания, учатся пользоваться приобретенными знаниями для решения познавательных и практических задач; приобретают коммуникативные умения, работая в различных группах; развивают исследовательские умения (умения выявления проблем, сбора информации, наблюдения, проведения эксперимента, анализа, построения гипотез, общения); развивают системное мышление.

При этом работы непосредственно на плазменном и другом технологическом оборудовании проводит инженер имеющий квалификацию оператора плазменной установки и соответствующий допуск по группе техники безопасности.