

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов

Образовательная программа: 28.03.02 Наноинженерия, профиль: Наноинженерия в машиностроении

Курс: 4, семестр : 7

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	67
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	24
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	11
10	Самостоятельная работа, час.	113
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.03.02 Наноинженерия

ФГОС введен в действие приказом №1414 от 03.12.2015 г. , дата утверждения: 31.12.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.03.02 Наноинженерия

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ММ, протокол заседания кафедры №6/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Батаев В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Батаев В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов; в части следующих результатов обучения:	
у7. владеть методами численной оценки кинетической стабильности нанопродуктов с учетом диффузионной деструкции, теоретическими знаниями о явлениях при нагреве твердого тела и при взаимодействии пучков электронов и ионов и частиц плазмы электрических разрядов с поверхностью твердого тела	
Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики; в части следующих результатов обучения:	
35. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов и наноматериалов	
36. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов и наноматериалов	
37. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов и наноматериалов	
у5. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов</i>	
ПК.1.у7 владеть методами численной оценки кинетической стабильности нанопродуктов с учетом диффузионной деструкции, теоретическими знаниями о явлениях при нагреве твердого тела и при взаимодействии пучков электронов и ионов и частиц плазмы электрических разрядов с поверхностью твердого тела	
1.методами численной оценки кинетической стабильности нанопродуктов с учетом диффузионной деструкции, теоретическими знаниями о явлениях при нагреве твердого тела и при взаимодействии пучков электронов и ионов и частиц плазмы электрических разрядов с поверхностью твердого тела	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.35 знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов и наноматериалов	
2.основы физических явлений взаимодействия ускоренных электронов, лазерного излучения и активных частиц плазмы с веществом	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.2.36 знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов и наноматериалов	
3.основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов и наноматериалов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.навыками практических расчетов в рамках выбранных приближений основных физических величин излучения, определяющих необходимый технологический эффект обработки материалов.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.37 знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов и наноматериалов	
5.о современном научно-техническом уровне развития методов формирования излучений для технологических процессов изготовления и исследования наноматериалов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

ПК.2.у5 уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	
6.оценить основные параметры излучения, используемого в соответствующих технологических процессах	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7.основные методы высокоэнергетической обработки материалов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Физика низкотемпературной плазмы				
1. Введение. Плазма: основные понятия и свойства. Место плазменных процессов в технологии наноматериалов. Физические свойства плазмы.	2	2	2, 6	Лекция в форме дискуссии
2. Физические основы плазменных технологий. Элементарные процессы в газоразрядной плазме и на поверхности электродов. Возбуждение, диссоциация, ионизация и рекомбинация. Дрейф и диффузия. Адсорбция и десорбция. Внедрение и отражение. Распыление. Поверхностная ионизация.	0	2	2, 5	
3. Газоразрядные системы. Тлеющий разряд. Разряды в магнитном поле. Вакуумные дуги. Коронный разряд. ВЧ и СВЧ разряды. Получение потоков плазмы и формирование пучков заряженных частиц.	0	2	2, 3, 5	
6. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. Кинетика взаимодействия ХАЧ с поверхностью.	0	2	2	
Дидактическая единица: Плазменные технологии				
4. Диагностика поверхности. Электронная микроскопия. Оже-спектроскопия. Растровый и туннельный микроскоп. Ионная микроскопия, ВИМС.	0	2	5, 6	

5. Высокотемпературные технологические процессы. Обработка материалов. Электрометаллургия, плазмохимические реакторы.	0	2	3, 5, 7	
7. Термодинамически-неравновесные процессы. Газоразрядные лазеры. Термоэмиссионные преобразователи. Плазменные пушки и плазменные ускорители.	0	2	3, 4, 5, 7	
8. Плазмотроны. Ионные источники. Фундаментальные аспекты ионного распыления. Нанесение покрытий и модификация поверхности.	2	6	3, 5, 6	Лекция в форме дискуссии
9. Вакуумно-плазменные процессы в технологии наноматериалов. Напыление, травление литография, имплантация.	2	6	1, 3, 5, 6, 7	Лекция в форме дискуссии
Дидактическая единица: Обработка материалов и изделий с использованием электронных пучков				
11. Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала.	2	6	1, 2, 3, 5, 6, 7	Лекция в форме дискуссии
Дидактическая единица: Обработка материалов лазерным лучом				
12. Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности. Принципы генерации лазерного излучения. Типы и характеристики технологических лазеров. Модифицирующее действие лазерного излучения. Лазерное осаждение покрытий.	2	4	2, 3, 4, 5, 6, 7	Лекция в форме дискуссии

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				

Дидактическая единица: Плазменные технологии				
1. Использование технологии аргоно-дугового переплава для получения материалов заданного химического состава	6	8	3, 4	Изучение основных узлов установки для аргоно-дугового переплава Buehler Arc Melter AM-1. Принцип работы установки. Подготовка материалов для аргоно-дугового переплава и выплавка материала заданного химического состава. Химический анализ полученных материалов, сравнение полученного состава с заданным.
2. Технология магнетронного напыления функциональных покрытий	6	8	3, 4, 5, 7	1. Изучить принцип работы и устройство установки для магнетронного напыления тонких пленок 2. Напылить покрытие и исследовать его структуру
Дидактическая единица: Обработка материалов и изделий с использованием электронных пучков				
13. Исследование структуры покрытий, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки	2	2	1, 3, 4, 5, 6, 7	1. Изучение основных узлов ускорителя электронов ЭЛВ-6 2. Рассмотрение основных плюсов и минусов технологии электронно-лучевой обработки 3. Изучение структуры покрытий, полученных в процессе вневакуумной электронно-лучевой наплавки 4. На основании заданных технологических режимов рассчитать удельную поверхностную энергию.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	2, 3, 7	50	8
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6	63	3
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail: lenivtseva@corp.nstu.ru
Консультирование	e-mail: lenivtseva@corp.nstu.ru
Контроль	e-mail: lenivtseva@corp.nstu.ru
Размещение учебных материалов	e-mail: lenivtseva@corp.nstu.ru

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Лекция:</i>	5	10
<i>Лабораторная:</i> Выполнение и защита	8	20
<i>РГЗ:</i>	15	30
<i>Экзамен:</i>	20	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Экзамен
ПК.1	у7. владеть методами численной оценки кинетической стабильности нанопродуктов с учетом диффузионной деструкции, теоретическими знаниями о явлениях при нагреве твердого тела и при взаимодействии пучков электронов и ионов и частиц плазмы электрических разрядов с поверхностью твердого тела	+	+
ПК.2	35. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов и наноматериалов	+	+
	36. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов и наноматериалов	+	+
	37. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов и наноматериалов	+	+
	у5. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и упрочнения изделий	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Рогов В. А. Основы высоких технологий : учебное пособие для вузов / В. А. Рогов, Л. А. Ушомирская, А. Д. Чудаков. - М., 2007. - 253 с. : ил.
2. Голант, В.Е. Основы физики плазмы. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Е. Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 448 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1550> — Загл. с экрана.
3. Фортов В. Е. Физика высоких плотностей энергии : [монография] / В. Е. Фортов. - Москва, 2013. - 710, [1] с. : ил., табл.

Дополнительная литература

1. Джамса К. Java сегодня : пер. с англ. / Крис Джамса. - Минск, 1996. - 412 с. : ил.
2. Данилин Б. С. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов / Б. С. Данилин, В. Ю. Киреев. - М., 1987. - 263 с. : ил., табл.
3. Попов В. Ф. Процессы и установки электронно-ионной технологии : учебное пособие для вузов по специальностям электронной техники / В. Ф. Попов, Ю. Н. Горин. - М., 1988. - 254, [1] с. : ил., табл.
4. Наноинженерия поверхности. Формирование неравновесных состояний в поверхностных слоях материалов методами электронно-ионно-плазменных технологий / [Лотков А. И. и др.] ; отв. ред. Н. З. Ляхов, С. Г. Псахье ; Ин-т физики прочности и материаловедения. - Новосибирск, 2008. - 275 с. : ил.
5. Киселев М. Г. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов : [учебное пособие по машиностроительным и приборостроительным специальностям] / М. Г. Киселев, Ж. А. Мрочек, А. В. Дроздов. - Минск, 2014. - 388 с. : ил., табл.. - На тит. л.: Электронно-библиотечная система znanium.com.
6. Nanotechnologie und Nanoprozesse : Einfuhrung, Bewertung / Wolfgang Fahrner (Hrsg.). - Berlin [et al.], 2003. - XV, 294 S. : Ill., graph. Darst.. - Пер. загл.: Нанотехнологии и нанопроцессы : введение, оценка.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы : методические указания к лабораторным работам для 3-4 курсов МТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Е. А. Батаева и др.]. - Новосибирск, 2006. - 14, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000063148

2. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Растровый электронный микроскоп EV050 XVP	Анализ поверхностей разрушения, химический анализ; оборудование для проведения спектрального и дифракционного анализа материалов
2	Опико-эмиссионный спектрометр	Спектрометр для определения элементного состава металлических сплавов
3	Проектор BENQ PB 6240	воспроизведение учебного материала
4	Весы аналитические Pioneer PA 214C в комплекте	статическое определение массы веществ и материалов с высокой точностью результатов
5	Установка магнетронного напыления VSE-PVD-DESK-BASIC	получение покрытий практически из любых металлов, сплавов и полупроводниковых материалов без нарушения стехиометрического состава.
6	Весы аналитические AND GR-300	статическое определение массы веществ и материалов с высокой точностью результатов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра материаловедения в машиностроении

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов

Образовательная программа: 28.03.02 Наноинженерия, профиль: Наноинженерия в машиностроении

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИИ способность в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов	у7. владеть методами численной оценки кинетической стабильности нанопродуктов с учетом диффузионной деструкции, теоретическими знаниями о явлениях при нагреве твердого тела и при взаимодействии пучков электронов и ионов и частиц плазмы электрических разрядов с поверхностью твердого тела	Вакуумно-плазменные процессы в технологии наноматериалов. Напыление, травление литография, имплантация. Исследование структуры покрытий, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала.	РГЗ, разделы 1-3	Экзамен, вопросы 1-42
ПК.2/НИИ готовность в составе коллектива исполнителей участвовать во внедрении результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в реальный сектор экономики	з5. знать влияние внешнего высокоэнергетического воздействия на структуру и свойства материалов и наноматериалов	Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. Кинетика взаимодействия ХАЧ с поверхностью. Введение. Плазма: основные понятия и свойства. Место плазменных процессов в технологии наноматериалов. Физические свойства плазмы. Газоразрядные системы. Тлеющий разряд. Разряды в магнитном поле. Вакуумные дуги. Коронный разряд. ВЧ и СВЧ разряды. Получение потоков плазмы и формирование пучков заряженных частиц.		Экзамен, вопросы 1-16

		Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности. Принципы генерации лазерного излучения. Типы и характеристики технологических лазеров. Модифицирующее действие лазерного излучения. Лазерное осаждение покрытий. Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала. Физические основы плазменных технологий. Элементарные процессы в газоразрядной плазме и на поверхности электродов. Возбуждение, диссоциация, ионизация и рекомбинация. Дрейф и диффузия. Адсорбция и десорбция. Внедрение и отражение. Распыление. Поверхностная ионизация.		
ПК.2/НИИ	з6. знать основные виды высокоэнергетического оборудования для производства и обработки материалов и наноматериалов	Вакуумно-плазменные процессы в технологии наноматериалов. Напыление, травление литография, имплантация. Высокотемпературные технологические процессы. Обработка материалов. Электрометаллургия, плазмохимические реакторы. Газоразрядные системы. Тлеющий разряд. Разряды в магнитном поле. Вакуумные дуги. Коронный разряд. ВЧ и СВЧ разряды. Получение потоков плазмы и формирование пучков заряженных частиц. Использование технологии аргоно-дугового переплава для получения материалов заданного химического состава Исследование структуры покрытий, полученных методом вневакуумной электронно-	РГЗ, разделы 1-3	Экзамен, вопросы 1-42

		лучевой наплавки Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности. Принципы генерации лазерного излучения. Типы и характеристики технологических лазеров. Модифицирующее действие лазерного излучения. Лазерное осаждение покрытий. Плазмотроны. Ионные источники. Фундаментальные аспекты ионного распыления. Нанесение покрытий и модификация поверхности. Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала. Термодинамически-неравновесные процессы. Газоразрядные лазеры. Термоэмиссионные преобразователи. Плазменные пушки и плазменные ускорители. Технология магнетронного напыления функциональных покрытий		
ПК.2/НИИ	37. знать основные тенденции и направления развития высокоэнергетических технологий обработки и упрочнения материалов и наноматериалов	Вакуумно-плазменные процессы в технологии наноматериалов. Напыление, травление литография, имплантация. Высокотемпературные технологические процессы. Обработка материалов. Электрометаллургия, плазмохимические реакторы. Газоразрядные системы. Глеющий разряд. Разряды в магнитном поле. Вакуумные дуги. Коронный разряд. ВЧ и СВЧ разряды. Получение потоков плазмы и формирование пучков заряженных частиц. Диагностика поверхности. Электронная микроскопия. Оже-спектроскопия. Растровый и туннельный микроскоп. Ионная	РГЗ, разделы 1-3	Экзамен, вопросы 1-42

		микроскопия, ВИМС. Исследование структуры покрытий, полученных методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности. Принципы генерации лазерного излучения. Типы и характеристики технологических лазеров. Модифицирующее действие лазерного излучения. Лазерное осаждение покрытий. Плазмотроны. Ионные источники. Фундаментальные аспекты ионного распыления. Нанесение покрытий и модификация поверхности. Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала. Термодинамически-неравновесные процессы. Газоразрядные лазеры. Термозмиссионные преобразователи. Плазменные пушки и плазменные ускорители. Технология магнетронного напыления функциональных покрытий Физические основы плазменных технологий. Элементарные процессы в газоразрядной плазме и на поверхности электродов. Возбуждение, диссоциация, ионизация и рекомбинация. Дрейф и диффузия. Адсорбция и десорбция. Внедрение и отражение. Распыление. Поверхностная ионизация.		
ПК.2/НИИ	у5. уметь выбирать оптимальные режимы и методы высокоэнергетической обработки для создания и	Вакуумно-плазменные процессы в технологии наноматериалов. Напыление, травление литография, имплантация. Введение. Плазма: основные понятия и	РГЗ, разделы 1-3	Экзамен, вопросы 1-42

	упрочнения изделий	свойства. Место плазменных процессов в технологии наноматериалов. Физические свойства плазмы. Высокотемпературные технологические процессы. Обработка материалов. Электрометаллургия, плазмохимические реакторы. Диагностика поверхности. Электронная микроскопия. Оже-спектроскопия. Растровый и туннельный микроскоп. Ионная микроскопия, ВИМС. Источники инфракрасного, видимого и ультрафиолетового излучений, их технологические возможности. Принципы генерации лазерного излучения. Типы и характеристики технологических лазеров. Модифицирующее действие лазерного излучения. Лазерное осаждение покрытий. Плазмотроны. Ионные источники. Фундаментальные аспекты ионного распыления. Нанесение покрытий и модификация поверхности. Свойства электронов, методы получения и транспортировки электронных пучков. Взаимодействие ускоренных электронов с веществом. Термическая обработка материалов и изделий пучками ускоренных электронов (сварка, резка, испарение и осаждение покрытий, электронно-лучевая плавка, отжиг дефектов, диффузионное спекание диспергированных и композиционных материалов и т.д.). Проблема радиационной защиты персонала. Термодинамически-неравновесные процессы. Газоразрядные лазеры. Термоэмиссионные преобразователи. Плазменные пушки и плазменные ускорители. Технология магнетронного напыления функциональных покрытий		
--	--------------------	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИИ, ПК.2/НИИ.

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/НИИ, ПК.2/НИИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов»,
7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен по курсу «Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов» в 7 семестре направлен на проверку теоретических знаний и практических навыков студентов в ходе освоения дисциплины. Допуск на экзамен осуществляется в случае выполнения студентом всей программы курса. В случае, если студент в течение семестра не выполнил и не защитил РГЗ и лабораторные работы, на экзамене он не допускается. Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-22, второй вопрос из диапазона вопросов 22-42 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4). Каждый теоретический вопрос оценивается в 20 баллов. Дисциплина считается освоенной, если студент на экзамене набирает не менее 20 баллов.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Высокоэнергетические процессы в технологии
наноматериалов»

1. Основные понятия, свойства и условия существования плазмы. Примеры использования плазмы в технологии наноматериалов.
2. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы и способы их реализации на практике.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений ошибки, оценка составляет *10 баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет *30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет *40 баллов*.

3. Шкала оценки

Для оценки достижений студентов в ходе изучения дисциплины применяется балльно-рейтинговая система. Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на экзамене в соотношении 60:40. Таким образом, максимальный балл, который может набрать студент в ходе изучения дисциплины в целом, равен 100. Максимальный балл проставляется за качественное и своевременное выполнение работ и требований к ним по всем видам деятельности студентов.

Выполнение лабораторных работ

Выполнение лабораторной работы и ее успешная защита оценивается в 5 баллов. При несвоевременной защите количество баллов может быть снижено до 2,5.

Правила выставления оценки деятельности студента в семестре

Студент, выполнивший все лабораторные работы, РГЗ и набравший за 7 семестр в сумме не менее 30 баллов, допускается к экзамену.

Количество баллов, набранное студентом в течение семестра, суммируется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Оценка деятельности студента в течение семестра

Вид деятельности	Количество занятий	Количество баллов за 1 занятие	Сумма баллов, мин.-мак.
7 семестр			
Лекции	18	0,5	5-10
РГЗ	-	от 5 до 40	5-40
Лабораторная работа	4	от 2 до 5	10-20
Экзамен			20-40
ИТОГО:			50-100

Окончательная оценка по дисциплине суммируется из баллов, заработанных студентом в течение семестра и количества баллов за экзамен, и переводится в оценку по 15-уровневой шкале ECTS в соответствии с таблицей 2. Минимальная сумма баллов составляет 50 и соответствует оценке «Е».

Таблица 2 - 15-уровневая шкала оценок ECTS

Характеристика работы студента	Диапазон баллов рейтинга	Оценка ECTS	Традиционная (4-уровневая) шкала оценки	
«Отлично» – работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	98-100	A+	отлично	зачтено
	93-97	A		
	90-92	A-		
«Очень хорошо» – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	87-89	B+	хорошо	
	83-86	B		
	80-82	B-		
«Хорошо» – уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	77-79	C+	удовлетворительно	
	73-76	C		
	70-72	C-		
«Удовлетворительно» – уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	67-69	D+	удовлетворительно	зачтено
	63-66	D		
	60-62	D-		
«Посредственно» – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	50-59	E		
«Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	25-49	FX	неудовлетворительно	незачтено
«Неудовлетворительно» (без возможности пересдачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	0-24	F		

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов»

1. Основные понятия, свойства и условия существования плазмы. Примеры использования плазмы в технологии наноматериалов.

2. Физические свойства плазмы.

3. Основные виды процессов под действием электронного удара и их кинетические характеристики. Упругие и неупругие соударения электронов с атомами и молекулами.

4. Активные частицы плазмы. Основные типы процессов генерации и рекомбинации активных частиц плазмы.

5. Основные положения и выводы диффузионной теории плазмы.

6. Основные виды электрических разрядов в газе.
7. Несамостоятельный газовый разряд. Условия существования самостоятельного разряда
8. Тлеющий разряд постоянного тока. Особенности катодных областей тлеющего разряда.
9. Периодические разряды. Особенности периодических разрядов на низких и высоких частотах.
10. Плазма электрон-циклотронного резонанса. Технологические преимущества ЭЦР плазмы по сравнению с обычным ВЧ разрядом.
11. Дуговой разряд. Условия возникновения дугового разряда.
12. Искровой и коронный разряды.
13. Процессы взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.
14. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке.
15. Взаимосвязь объемных параметров плазмы и кинетики процессов на поверхности.
16. Особенности взаимодействия плазмы галогенсодержащих газов с металлами и полупроводниками.
17. Технологические требования и параметры, характеризующие процесс травления.
18. Рабочие газы для плазменного травления.
19. Плазменное травление (ПТ).
20. Радикальное травление (РТ). В чем заключаются конструкционные отличия реакторов плазменного и радикального травления?
21. Ионно-плазменное травление (ИПТ). Каковы операционные параметры этого процесса?
22. Реактивное ионно-плазменное травление (РИПТ).
23. Ионно-лучевое травление (ИЛТ). Основные элементы реактора ионно-лучевого травления?
24. Реактивное ионно-лучевое травление (РИЛТ). Какими параметрами характеризуются парциальные вклады физической и химической составляющих в общую скорость процесса?
25. Радиационно-стимулированное травление (РСТ). Какие стадии плазменного гетерогенного процесса допускают радиационную стимуляцию?
26. Плазменная обработка полимерных материалов.
27. Методы нанесения тонких пленок. Стадии и механизмы роста пленки.
28. Классификация методов физического и химического осаждения из газовой фазы.
29. Механизм и кинетика формирования вакуумных конденсационных покрытий.
30. Основные параметры вакуумного конденсационного нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса.
31. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий термическим испарением.
32. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия.
33. Технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий ионным распылением. Преимущества и недостатки нанесения покрытий ионным распылением.
34. Описание процесса и основные области применения химического осаждения из газовой фазы.
35. Электронно-лучевая нанолитография.
36. Что включает в себя понятие контроля плазменного процесса? Сформулируйте основные требования к методам контроля плазмы и плазменных процессов.
37. Какие параметры плазмы могут быть определены при зондовой диагностике?
38. В чем заключается физический принцип реализации методов контроля по изменению электрофизических параметров плазмы?

39. Высокоэнергетические методы воздействия на материалы и способы их реализации на практике.

40. Взаимодействие электронного луча с поверхностью.

41. Взаимодействие лазерного луча с поверхностью.

42. Методы исследования наноматериалов.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Высокоэнергетические процессы в технологии наноматериалов», 7
семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассмотреть основные методы нанесения покрытий с использованием высокоэнергетических источников нагрева, в соответствии с исходными данными выбрать исходные материалы и технологию нанесения покрытий с заданными свойствами.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ методов нанесения функциональных покрытий, на основании исходного задания выбрать и обосновать выбор метода (если конкретный метод не задан), описать технологию и используемое оборудование, выбрать состав покрытий и описать полный технологический цикл его нанесения.

Обязательные структурные части РГЗ.

1. Титульный лист
2. Содержание.
3. Введение.

Во введении должны быть отражены актуальность темы, предмет и задачи исследования;

4. Основная часть.

В данном разделе студент должен провести подробный литературный обзор (минимум 15 источников – зарубежные статьи и книги). Рассмотреть основные методы нанесения покрытий, их достоинства и недостатки. Выбрать состав покрытий, описать полный технологический цикл их нанесения. Из литературных данных выбрать режимы нанесения покрытий, описать методы исследования структуры и свойств покрытий. В РГЗ представить графики, снимки структуры и т.п., взятые из статей по данной тематике с обязательным указанием первоисточника. Главная задача этого раздела – полное раскрытие темы. Он должен полностью соответствовать поставленным во введении задачам и включать 3 раздела.

5. Заключение.

В заключении представить основные выводы по проделанной работе.

6. Список литературы.
7. Приложения (если требуется).

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ методов высокоэнергетического воздействия на материалы, исходные материалы не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: выполнен беглый анализ методов высокоэнергетического воздействия на материал, выбор исходных материалов и технологий недостаточно обоснованы, оценка составляет 10 баллов.

- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ методов высокоэнергетического воздействия на материалы выполнен в полном объеме, исходные материалы и технология нанесения функциональных покрытий обоснованы, оценка составляет 20 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ методов высокоэнергетического воздействия на материалы выполнен в полном объеме, исходные материалы и технология нанесения функциональных покрытий обоснованы, подробно описан технологический цикл нанесения покрытий, оценка составляет 30 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на экзамене в соотношении 60:40. Максимальный балл, который может набрать студент при выполнении РГЗ равен 30. В случае качественного выполнения задания, оформления пояснительной записки согласно предъявляемым требованиям, а также успешной защиты, при сдаче работы в срок студент получает дополнительно от 5 до 10 баллов. При сдаче РГЗ позже установленного срока балл снижается на – 2 в неделю. Минимальное количество баллов за РГЗ – 5.

Если студент сдает на проверку не свой вариант, полученный балл за расчетно-графическую работу обнуляется независимо от результатов ее защиты.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Основные тематики РГЗ:

1. Нанесение износостойких покрытий на режущий инструмент с использованием вакуумно-плазменных технологий.
2. Получение интерметаллидов с использованием ионно-плазменных технологий.
3. Нанесение покрытий на поверхность технически чистого титана, используемого в качестве материала зубных имплантатов.
4. Использование вакуумно-плазменных технологий для изготовления солнечных элементов.
5. Коррозионностойкие покрытия для медицинских инструментов.
6. Получение слоистых композитов методом магнетронного напыления.
7. Получение функциональных покрытий на твердосплавном инструменте.
8. Получение коррозионностойких покрытий методом вневакуумной электронно-лучевой обработки.
9. Формирование износостойких слоев на титановых сплавах.
10. Получение износостойких покрытий на стальных заготовках.

Объем РГЗ должен составлять 15-25 страниц. Список использованной литературы (20-25 наименований) необходимо оформить в соответствии с ГОСТ;

Требования по оформлению пояснительной записки

Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 3,0 см, внизу – 2,0 см, справа – 1,5 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки могут быть расположены на отдельной странице. Подписуемая подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная.

Прежде чем перейти к написанию работы, следует продумать логику изложения, систему аргументов для доказательства главной мысли. Важные рекомендации можно получить, проконсультируясь с научным руководителем.