

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР

В. Л. Бибик

« 08 » 08 2015 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НАНОСТРУКТУРЫ, НАНОСИСТЕМЫ, НАНОТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ

Направление (специальность) ООП: **22.03.02 Metallургия**

Профили подготовки: **Metallургия черных металлов**

Квалификация (степень): **прикладной бакалавр**

Базовый учебный план приема: **2015 г.**

Курс: **4 семестр: 8**

Количество кредитов :**3**

Код дисциплины: **Б1.ВМ4.9.2**

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	22
Практические занятия, ч	22
Лабораторные занятия, ч	
Аудиторные занятия, ч	44
Самостоятельная работа, ч	64
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации: экзамен

Обеспечивающее подразделение: **Юргинский технологический институт, кафедра «Metallургии черных металлов» (МЧМ)**

Заведующий кафедрой


к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Руководитель ООП


к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Преподаватель


к.т.н., доцент Апасов А.М.

2015 г.

1. Цели освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся прочного мировоззрения на основе изучения закономерностей процесса синтезаобъемных наноструктурных металлических материалов методом интенсивной пластической деформации.

В результате освоения данного модуля бакалавр приобретает знания, умения и навыки, необходимые для реализации в дальнейшем в полном объеме основной образовательной программы.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Наноструктуры, наносистемы, нанотехнологии в металлургии» относится к базовой части дисциплин профессионального цикла. Она непосредственно связана с дисциплинами математического, естественнонаучного и общепрофессионального цикла и опирается на полученные при изучении данных дисциплин знания и умения. Дисциплине «Наноструктуры, наносистемы, нанотехнологии в металлургии» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- математика;
- физика;
- химия;
- физическая химия;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- электротехника;
- теоретическая механика;
- сопротивление материалов;
- теория механизмов и машин;
- теплотехника;
- основы электрометаллургии стали и производства ферросплавов;
- компьютерное моделирование металлургических процессов;
- физико-химические основы металлургических процессов;
- термическая обработка сталей и сплавов;
- основы литейного производства;
- подготовка руд к плавке;
- производство чугуна и прямое получение железа.

Содержание разделов дисциплины «Наноструктуры, наносистемы, нанотехнологии в металлургии» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- теория и технология производства стали;
- конструкции и проектирование электропечей и агрегатов;
- основы проектирования и оборудования цехов;
- литейное производство;

- обработка металлов давлением;
- разливка и кристаллизация стали и сплавов;
- внепечные и ковшовые процессы;
- теория и технология производства ферросплавов;
- теория и технология электроплавки сталей.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины «Наноструктуры, наносистемы, нанотехнологии в металлургии» направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2	32.3	Основные группы, классы современных материалов, их свойства и области применения, принципы выбора	У2.3	Анализировать фазовые превращения при нагревании и охлаждении сплавов, проводить металлографический анализ сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов	В2.3	Методами анализа напряженного и деформированного состояния материалов, принципами выбора материалов для элементов конструкций и оборудования
	32.4	Теоретические представления об основах строения атома и квантовой механики, о структуре металлов с позиций концепции металлической связи, о физико-химических методах исследования и формирования наноструктурных металлических материалов	У2.4	Основным строением атома и квантовой механики	В2.4	Формированием наноструктурных металлических материалов
	32.7	Основы кристаллографии и минералогии	У2.7	Типы связей в решетках; понятия атомных и ионных радиусов, плотности упаковки; изоморфизма и полиморфизма; основные положения теории кристаллической решетки; законы симметрии и их приложение к кристаллическим телам; реальные структуры кристаллов; рост кристаллов и их свойства; генезис и классификацию минералов и горных пород; основные рудные	В2.7	Современным мировоззрением о структуре, связях и взаимодействии микромира и макромира

	32.14	Теоретические основы и принципы современных физико-химических методов анализа, применяемых в аналитических лабораториях предприятий и научно-исследовательских институтах металлургии	У2.14	месторождения Практически выполнять основные физико-химические анализы на современном оборудовании	В2.14	Методами физико-химического анализа, применяемыми на металлургических комбинатах
	32.18	Закономерности процессов пластической деформации при обработке давлением	У2.18	Использовать терминологию, основные понятия и определения в области обработки металлов давлением	В2.18	Принципами обработки давлением черных и цветных металлов и их сплавов, составление чертежей поковок
	32.24	Достижения великих русских ученых-основателей научного металловедения и металлургии	У2.24	Формировать свою профессиональную подготовку на основе обширного исторического опыта развития металловедения и металлургии	В2.24	Широким диапазоном знаний и целенаправленно использовать мировой опыт в практической и научной деятельности
	32.26	Основы кристаллографии, физики формирования электронных потоков, процессов, протекающих в твердом теле при его взаимодействии с излучением, основные методы исследования, используемые в электронной микроскопии и рентгенографии	У2.26	Уметь анализировать стандартные электронно-микроскопические изображения объектов и рентгенограммы	В2.26	Практическими навыками работы со стандартными дифракционными картинками, электронно-микроскопическими изображениями объектов
Р3	33.1	Методы дифференциального и интегрального исчисления, теорию дифференциальных уравнений для построения и анализа математических моделей, явлений и технологических процессов. Методы статистического анализа.	У3.1	Применять методы дифференциального исчисления для решения экстремальных задач, исследования поведения функций и решения нелинейных уравнений	В3.1	Методами анализа и численными методами и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области профессиональной деятельности
	33.3	Строение атома, химические элементы и их соединения, общие закономерности протекания химических реакций	У3.3	Прогнозировать и определять свойства соединений и направления химических реакций, выполнять термодинамические расчеты, расчеты химического равновесия, равновесия в растворах	В3.3	Методами измерения тепловых эффектов химических реакций, парциальных мольных величин равновесных характеристик

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	В результате освоения дисциплины бакалавр должен знать основы теории строения атома и квантовой механики; строение металлов с позиций концепции металлической связи; фундаментальные основы физико-химических методов исследования и формирования наноструктурных металлических материалов.
РД2	В результате освоения дисциплины бакалавр должен уметь ориентироваться и целенаправленно применять методы исследования и формирования наноструктур, наносистем в металлургии в каждом конкретном случае.
РД3	В результате освоения дисциплины бакалавр должен владеть в совершенстве существующими и новейшими методами исследования и формирования наноструктурных металлических материалов.

4. Структура и содержание дисциплины**4.1. Структура дисциплины по разделам, формам организации и контроля обучения**

№	Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Итого	Формы текущего контроля и аттестации
		Лекции	Прак./семинар	Лаб. зан.			
1	<u>Строение атома и квантовая механика</u>	1,83	1,37	0,46	5,32	8,98	Отчеты по практическим работам
1.1	Структура атома						Отчеты по практическим работам
1.2	Квантование внутриатомных процессов						Отчеты по практическим работам
1.3	Квантово-механическая теория атома						Отчеты по практическим работам
2	<u>Строение металлов с позиций концепции металлической связи</u>	2,81	2,11	0,70	8,18	13,8	Отчеты по практическим работам
2.1	Атомная структура металлов и сплавов в рамках периодической системы						Отчеты по практическим работам

	Д.И.Менделеева						
2.2	Основы теории металлической связи						Отчеты по практическим работам
2.3	Полиморфные превращения, дефекты, механизм пластической деформации и разрушения в аспекте электронного строения						Отчеты по практическим работам. Отчеты по лабораторным работам.
3	<u>Основы физико-химических методов исследования и формирования наноструктурных металлических материалов</u>	17,36	13,02	4,34	50,50	85,22	Отчеты по практическим работам
3.1	Общие сведения о нанотехнологиях металлов и сплавов. Методы исследования						Отчеты по практическим работам
3.2	Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты. Кластерные модели. Твердые нанокластеры и наноструктуры, тонкие пленки, механические и тепловые свойства						Отчеты по практическим работам
3.3	Методы получения объемных наноструктурных материалов. Большие пластические деформации и формирование структур						Отчеты по практическим работам. Отчеты по лабораторным работам.
3.4	Методы и процессы интенсивной пластической деформации. Процесс формирования наноструктур при интенсивной пластической деформации						Отчеты по практическим работам. Отчеты по лабораторным работам.

3.5	Изучение атомного строения и разработка модели наноструктур материалов						Отчеты по практическим работам
3.6	Поведение наноструктур при внешних воздействиях						Отчеты по практическим работам
3.7	Изучение фундаментальных параметров наноструктурированного состояния материалов						Отчеты по практическим работам
3.8	Механические и пластические свойства наноструктурированных материалов						Отчеты по практическим работам
3.9	Перспективные области применения наноструктурированных материалов						Отчеты по практическим работам
	Итоговая аттестация						Экзамен
	Итого	22	16,5	5,5	64	108	

При сдаче отчетов и письменных работ проводится устное собеседование.

Часть 1. Строение атома и квантовая механика

Раздел 1. Структура атома

- 1.1. Проблема строения атомов.
- 1.2. Открытие электронов и радиоактивности.
- 1.3. Первоначальные модели атома.

Раздел 2. Квантование внутриатомных процессов

- 2.1. Устойчивость атома.
- 2.2. Постулаты Бора.
- 2.3. Модель атома в теории Бора. Квантовые числа.
- 2.4. Объяснение рентгеновских спектров.
- 2.5. Итоги «Боровского периода» в атомной физики.

Раздел 3. Квантово-механическая теория атома

- 3.1. История возникновения квантовой механики.
- 3.2. Основы квантовой механики.
 - 3.2.1. Волновая функция.
 - 3.2.2. Исчисление операторов.
 - 3.2.3. Зависимость состояния микрочастиц от времени.
 - 3.2.4. Операторы импульса и энергии.
 - 3.2.5. Оператор момента количества движения.
 - 3.2.6. Оператор спина
 - 3.2.7. Законы сохранения в квантовой механике

- 3.2.8. Связь квантовой механики с классической механикой.
- 3.2.9. Квантовая механика системы тождественных частиц.
- 3.2.10. Принцип Паули.
- 3.2.11. Релятивистская квантовая механика.
- 3.3. Применения квантовой механики

Часть 2. Строение металлов с позиций концепции металлической связи

Раздел 1. Атомная структура металлов и сплавов в рамках периодической системы Д.И. Менделеева

- 1.1. Строение электронных оболочек атомов
- 1.2. Открытие периодической системы элементов Д.И. Менделеева.
- 1.3. Современное подтверждение и дальнейшее развитие периодической системы.

Раздел 2. Основы теории металлической связи

- 2.1. Новые представления о металлической связи.
- 2.2. Металлическая связь в плотноупакованных металлах.
- 2.3. Металлические и ковалентные связи в ОЦК-металлах.
- 2.4. Электронное строение и кристаллические структуры металлов и неметаллических элементов

Раздел 3. Полиморфные превращения, дефекты, механизм пластической деформации и разрушения в аспекте электронного строения

- 3.1. Полиморфные, в том числе мартенситные превращения металлов.
- 3.2. Фазовые превращения металлов при высоких давлениях.
- 3.3. Электронное строение жидких металлов.
- 3.4. Атомный механизм упругой и пластической деформации и разрушения металлов.

Часть 3. Основы физико-химических методов исследования и формирования наноструктурных металлических материалов

Раздел 1. Общие сведения о нанотехнологиях металлов и сплавов

Раздел 2. Методы исследования

- 2.1. Дифракция электронов.
- 2.2. Полевые методы.
- 2.3. Сканирующая зондовая микроскопия.
- 2.4. Рентгеновская спектроскопия и дифракция.
- 2.5. Электронная спектроскопия.
- 2.6. Оптическая и колебательная спектроскопия.
- 2.7. Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия (МС).
- 2.8. Методы радиоспектроскопии.

Раздел 3. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты

- 3.1. Атомные и молекулярные орбитали.
- 3.2. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов.
- 3.3. Примесные атомы на поверхности.
- 3.4. Поверхность металлов и оксидов металлов (электронные свойства)
- 3.5. Поверхность металлов и оксидов металлов (магнитные свойства).
- 3.6. Поверхностные центры кислотного и основного типа.
- 3.7. Адсорбция.
- 3.8. Примеры адсорбции.

3.9. Катализ. Примеры каталитических превращений с участием поверхности твердого тела и нанокластеров.

Раздел 4. Кластерные модели

- 4.1. Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики.
- 4.2. Термодинамическая модель кластера.
- 4.3. Квантово-статистическая модель
- 4.4. Компьютерные модели кластеров.
- 4.5. Фрактальные модели кластеров.
- 4.6. Оболочечные модели кластера.
- 4.7. Структурная модель кластеров.

Раздел 5. Молекулярные лигандные кластеры

- 5.1. Молекулярные кластеры металлов.
- 5.2. Свойства металлических молекулярных кластеров.
- 5.3. Кластеры на основе оксидов металлов.
- 5.4. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров.

Раздел 6. Безлигандные металлические кластеры

- 6.1. Кластеры щелочных металлов и серебра.
- 6.2. Кластеры алюминия.
- 6.3. Кластеры ртути.
- 6.4. Кластеры переходных металлов.

Раздел 7. Твердые нанокластеры и наноструктуры. Тонкие пленки.

Механические и тепловые свойства

- 7.1. Формирование твердотельных нанокластеров.
- 7.2. Структурные особенности твердотельных наноструктур.
- 7.3. Механические свойства нанокластеров и наноструктур.
- 7.4. Тепловые свойства.
- 7.5. Тонкие пленки.

Раздел 8. Методы получения объемных наноструктурных материалов

- 8.1. Ультрадисперсные порошки и их консолидация.
- 8.2. Механическое измельчение порошков с последующим компактированием.
- 8.3. Интенсивная пластическая деформация.

Раздел 9. Большие пластические деформации и формирование структур

- 9.1. Феноменология больших пластических деформаций.
- 9.2. . Изменения микроструктуры.
- 9.3. Варианты моделей.

Раздел 10. Методы и процессы интенсивной пластической деформации

- 10.1. Течение материала при ИПД. Компьютерное моделирование и результаты эксперимента.
- 10.2. Разновидности методов ИПД.
- 10.3. Последние варианты методов ИПД.

Раздел 11. Процесс формирования наноструктур при интенсивной пластической деформации

- 11.1. Эволюция микроструктур при ИПД.
- 11.2. Разновидности наноструктур в материалах после воздействия ИПД.
- 11.3. Получение наноструктур путем консолидации порошков методами ИПД.
- 11.4. Формирование наноструктур при кристаллизации аморфных сплавов.

Раздел 12. Изучение атомного строения и разработка модели наноструктур материалов

- 12.1. Экспериментальные исследования дефектов наноструктур.
- 12.2. Структурное моделирование.

Раздел 13. Поведение наноструктур при внешних воздействиях

- 13.1. Влияние нагрева на процесс изменения структуры наноматериалов.
- 13.2. Эволюция структуры наноматериалов под воздействием пластической деформации.

Раздел 14. Изучение фундаментальных параметров наноструктурированного состояния материалов

- 14.1. Магнитные свойства.
- 14.2. Электрические свойства.
- 14.3. Диффузионные свойства.
- 14.4. Упругость.
- 14.5. Внутреннее трение

Раздел 15. Механические и пластические свойства наноструктурированных материалов

- 15.1. Механические свойства при комнатной температуре.
- 15.2. Механические свойства в результате деформационного упрочнения.
- 15.3. Сверхпластичность при повышенных температурах.
- 15.4. Усталость при циклических нагрузках.

Раздел 16. Перспективные области применения наноструктурированных материалов

- 16.1. Применение наноматериалов на основе титана в области медицины.
- 16.2. Наноматериалы с эффектом памяти формы
- 16.3. Наноматериалы на основе тугоплавких металлов

Часть 4. Практические занятия

1. Методики изготовления ультрадисперсных (нано-)порошков (УДП) металлов электрическим взрывом проводников **(1,5 часа)**
2. Методики исследования поверхностных свойств УДП атомно- и ядерно-физическим методами анализов (масс-спектрометрией, электронно-позитронной аннигиляцией, гамма-резонансной спектроскопией, БЭТ и др.) **(1,5 часа)**
3. Современные проблемы нанотехнологий **(1,5 часа)**
4. Методы и оборудование для диагностики структуры и свойств наноматериалов **(2 часа)**
5. Конструирование изделий из наноматериалов **(2 часа)**
6. Технология и оборудования для изготовления объемных наноматериалов **(2 часа)**
7. Структурные типы наноматериалов и методы синтеза и изготовления **(2 часа)**
8. Дифракционные, спектроскопические и зондовые методы и оборудование для анализа структуры, состава и свойств наноматериалов **(2 часа)**
9. Методы и средства моделирования наноструктур из порошковых материалов **(2 часа)**

4.1. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3.

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины		
		1	2	3
1	3.3.1	x		
2	3.3.3	x	x	
3	3.2.3		x	x
4	3.2.4		x	x
5	3.2.7		x	x
6	3.2.14		x	x
7	3.2.18			x
8	3.2.24		x	x
9	3.4.26			x
10	У.3.1	x		
11	У.3.3	x	x	x
12	У.2.3		x	x
13	У.2.4		x	x
14	У.2.7		x	x
15	У.2.14		x	x
16	У.2.18			x
17	У.2.24		x	x
18	У.2.26			x
19	В.3.1	x		
20	В.3.3	x	x	
21	В.2.3		x	x
22	В.2.4		x	x
23	В.2.7		x	x
24	В.2.14		x	x
25	В.2.18			x
26	В.2.24		x	x
27	В.2.26			x

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности		
	ЛК	ПР	СРС
Дискуссия	x	x	
IT-методы	x		x
Командная работа		x	x

Разбор кейсов		х	
Опережающая СРС	х	х	х
Индивидуальное обучение		х	х
Проблемное обучение		х	х

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении лабораторных работ с использованием учебного и научного оборудования и приборов, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов(СРС)

6.1 Текущая опережающая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе бакалавров с лекционным материалом;
- выполнении домашних заданий;
- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- изучении теоретического материала к практическим занятиям;
- подготовке к экзамену.

6.1.1. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- изучение фундаментальных параметров наноструктурированного состояния материалов;
- перспективные области применения наноструктурированных материалов;

6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР) направлена на развитие интеллектуальных способностей, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала бакалавров и заключается в:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по определенной теме исследований;
- анализе статистических и фактических материалов по заданной теме, проведении расчетов, составлении схем и моделей на основе статистических материалов;
- выполнении расчетно-графических работ;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

6.2.1. Примерный перечень научных проблем и направлений научных исследований:

1. Электрофизические и диэлектрические свойства железосодержащих нанокompозитов.
2. Наноразмерные магнитные структуры.
3. Физико-химические аспекты формирования нанокompозитных структур.
4. Формирование монодисперсных нанокластеров.
5. Влияние размера, формы и структуры металлических наночастиц на зависимость их оптических свойств от показателя преломления дисперсионной среды.
6. Квантовая нанотехнология и квантовая химия.
7. Возможности просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения для изучения наноматериалов.
8. Электронная и сканирующая зондовая микроскопия металлосодержащих алмазоподобных нанокompозитов.
9. Нанокристаллические сплавы Nd-Fe-B для постоянных магнитов.
10. Рентгеновская диагностика твердотельных микро-и наноструктур.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- контроль качества выполнения домашних практических заданий;
- оценка результатов защиты коллоквиумов.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Контрольные вопросы, задаваемые при выполнении и защитах лабораторных работ	РД1, РД2, РД3
Контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий	РД1, РД2, РД3
Вопросы тестирования	РД1, РД2, РД3
Вопросы, выносимые на экзамены	РД1, РД2, РД3

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств) (с примерами):

- контрольные вопросы, задаваемых при выполнении и защитах лабораторных работ;

- контрольные вопросы, задаваемые при выполнении и защитах лабораторных работ
- вопросы тестирований;
- вопросы, выносимые на экзамены.

7.1. Требования к содержанию вопросов на экзамене

Вопросы на экзамене включают три типа заданий:

1. Теоретический вопрос.
2. Проблемный вопрос или расчетная задача.
3. Творческое проблемно-ориентированное задание.

7.2. Примеры вопросов на экзамене

1. Структурные уровни и стадии пластической деформации.
2. Проблема синтеза наноматериалов на основе тугоплавких металлов.
3. Дифракционные, спектроскопические и зондовые методы и оборудование для анализа структуры, состава и свойств наноматериалов.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Апасов. А.М. Нанокристаллическое состояние металлов и сплавов: учебное пособие / А.М. Апасов; Томский политехнический

- университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 840 с.
2. Апасов А.М., Галевский Г.В., Данилов В.И. Материаловедение: Учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 622 с

Дополнительная литература:

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. – М.: Наука, 1984. – Т. 1. – 552 с; – Т. 2. – 488 с
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. – М.: Высш. шк., 1983. – 512 с
3. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука, 1988. – 296 с.
4. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Квантовая механика. – М.: Наука, Кн. 2. – 1972. – 268 с
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978. – 791 с.
6. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
7. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: Физматлит, 2000. – 224 с.
8. Апасов А.М., Галевский Г.В. Методы исследования, испытания, анализа и контроля в металлургии и материаловедении: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 488 с.
9. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
10. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Academia, 2005. – 192 с.
11. Gleiter H. // Progress Mater. Sci., 1989. – V. 33. – № 4. – P. 223.
12. Бриджмен П.В. Исследование больших пластических деформаций и разрыва. – М.: Иностранная литература, 1955. – 444 с.
13. Сегал В.М., Резников В.И., Копылов В.И. и др. Процессы пластического структурообразования металлов. – Минск: Наука и техника, 1994. – 250 с.
14. Рыбин В.В. Большие пластические деформации и разрушение металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 224 с.
15. Потехаев А.И., Наумов И.И., Кулагина В.В., Удодов В.Н., Великохатный О.И., Еремеев С.В. Естественные длиннопериодические наноструктуры / Под общ. Ред. А.И. Потехаева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 260 с.
16. Yamaguchi D., Horita Z, Nemoto M., Langdon T.G. //ScriptaMater., 1999. – V. 41. – P. 791.
17. Утевский Л. М. Дифракционная электронная микроскопия в материаловедении. – М.: Металлургия, 1973. – 584 с.

Интернет-ресурсы:

<http://olymp.ifmo.ru/nanotehnologii/uchebnyj-material/nanomaterialy-i-nanosistemy/>-Нанотехнологии

<http://www.nanorf.ru/events.aspx?catid=224&dno=3018>-Российский электронный наножурнал (нанотехнологии и их применение)

<http://popular.rusnano.com/>-Мирнанотехнологий

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Центр коллективного пользования: Нано-Центр «Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ)» и Кафедра «Наноматериалы и нанотехнологии» ТПУ.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Металлургия» и профилю подготовки «Металлургия черных металлов».

Программа одобрена на заседании кафедры «Металлургия черных металлов» (протокол № ____ от «__» _____ 2015 г.).

Автор: Апасов А.М.

Рецензент: Сапрыкин А.А.