Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.01.15**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**8 семестр - 4;**
Часов (всего) по учебному плану:	**144 часа**
Лекции	**8 семестр - 28 часа;**
Практические занятия	**8 семестр - 14 часов;**
Лабораторные работы	**не предусмотрено учебным планом**
Консультации	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
Самостоятельная работа	**8 семестр - 101,7 часа;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая:	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	**8 семестр - 0,3 часа;**

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	Д.С. Холодный
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Холодный Д.С. Идентификатор: R0bac9dac-KholodnyDS-6393810d	Д.С. Холодный
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Славинский А.З. Идентификатор: R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214	А.З. Славинский
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение физических основ полупроводниковых композиционных материалов, формирование знаний в области современных тенденций развития наноэлектроники. Формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при создании элементов, приборов и устройств на базе композиционных материалов

Задачи дисциплины

- изучение студентами композиционных полупроводниковых и диэлектрических материалов и изделий на их основе;
- изучение классификации и общая характеристика методов получения композиционных материалов;;
- получение новых фундаментальных знаний и практических навыков в области определения структурных свойств и физических основ синтеза композиционных материалов;
- приобретение знаний о фундаментальных физических законах, лежащих в основе поведения микро и наночастиц, а также систем на их основе;
- формирование навыков решения простейших задач квантовой механики и статистической физики применительно к композиционным материалам;
- приобретение студентами знаний о методах математического моделирования как основы изучения функционирования композиционных материалов;
- формирование знаний о фундаментальных физических основах и закономерностях и механизмах переноса носителей заряда в системах пониженной размерности, об электрических, оптических, магнитных, механических свойствах композиционных материалов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Запланированные результаты обучения**
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	ИД-1$_{ПК-3}$ Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - влияние структурных характеристик на свойства композиционных материалов;; - основные процессы, протекающих в композиционных материалах электронной техники,. уметь: - объяснять на основе физико-математических моделей характеристики полупроводниковых композиционных материалов; - интерпретировать электрофизические характеристики полупроводниковых и диэлектрических композиционных материалов.
ПК-3 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и	ИД-2$_{ПК-3}$ Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	знать: - основные физико-математические модели, используемые в области физики полупроводниковых композиционных материалов; - физико-химические свойства композиционных материалов;.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
наноэлектроники		уметь: - применять физико-математические модели при разработке композиционных материалов; - рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых композиционных материалов для различных областей их использования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать закономерности структурообразования, фазовые превращения в многоатомных гетерогенных материалах
- уметь уметь пользоваться стандартными с специальными программными продуктами.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основы физики композиционных материалов	28	8	8	-	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Основы физики композиционных материалов" ***Подготовка расчетно-графического задания:*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основы физики композиционных материалов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Основы физики композиционных материалов и подготовка к контрольной работе
1.1	Основные понятия в области композиционных материалов наноэлектроники	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Конденсированная среда: общие характеристики, химическая связь	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.3	Дислокации в твердых телах	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.4	Атомное и молекулярное упорядочения	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

														Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Основы физики композиционных материалов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение дополнительного материала по разделу "Основы физики композиционных материалов"
2	Процессы протекания, перкогяция и фрактальные характреристики композиционных материалов	28		8	-	4	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения" ***Подготовка расчетно-графического задания:*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: ***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения и подготовка к контрольной работе ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***Самостоятельное изучение теоретического материала:*** Изучение
2.1	Особенности кластерных кристаллических образований	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
2.2	Самоорганизация	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
2.3	Связь электроники и квантовой физики	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.4	Простейшие виды низкоразмерных объектов	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.5	Атомное молекулярное упорядочение	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2.6	Особенности свойств, связанные с малым размером частиц	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

														дополнительного материала по разделу "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения"
3	Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц	34		12	-	6	-	-	-	-	-	16	-	***Подготовка к текущему контролю:*** Повторение материала по разделу "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц"
3.1	Структура поверхности и межфазных границ	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	***Подготовка расчетно-графического задания:*** В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:
3.2	Нуклеация и рост нанокластеров	20		8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	***Подготовка к аудиторным занятиям:*** Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы ***Подготовка домашнего задания:*** Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. ***Подготовка к контрольной работе:*** Изучение материалов по разделу Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц и подготовка к контрольной работе ***Подготовка к практическим занятиям:*** Изучение материала по разделу "Особенности структуры и свойств,

														связанные с малым размером частиц" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях ***<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u>*** Изучение дополнительного материала по разделу "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц" ***<u>Подготовка расчетных заданий:</u>*** Задания ориентированы на решения минизадач по разделу "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:
4	Электрическая проводимость сложных гетерогенных систем	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.1	Твердотельные химические реакции	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.2	Нанокерамики и нанокомпозиты	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	**108.0**		**28**	**-**	**14**	**-**	**-**	**-**	**-**	**0.3**	**48**	**17.7**	
	Итого за семестр	**108.0**		**28**	**-**	**14**	**-**		**-**		**0.3**	**65.7**		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы физики композиционных материалов

1.1. Основные понятия в области композиционных материалов наноэлектроники

Основные понятия. Роль и значение материалов в производстве приборов электронной техники. Условная классификация материалов по размеру D частиц (зёрен). Кластерные нанокристаллические, волоконные материалы, плёнки и многослойные материалы, поликристаллические материалы. Каталитическая активность малых частиц. Многослойные наноструктуры: квантовые ямы, сверхрешётки и других структуры с тонкими слоями. Многослойные покрытия. Керамические наноматериалы. Взаимодействие частиц..

1.2. Конденсированная среда: общие характеристики, химическая связь

Центральные и направленные силы между атомами. Металлическая связь. Связи, образованные флуктуирующими диполями. Ковалентная связь. Ионная связь. От ионной связи к ковалентной связи в кристаллах. Силы между молекулами. Электростатическая связь в диэлектрической среде. Индуцированные диполи, поляризуемость. Силы отталкивания. Эмпирические потенциалы взаимодействия. Водородная связь. Силы Ван-дер-Ваальса между макроскопическими частицами. Эффекты запаздывания. Взаимодействие частиц. Частично упорядоченные композиционные нанокристаллические материалы. Прогнозирование поведения свойств композиционных полупроводниковых материалов..

1.3. Дислокации в твердых телах

Пластическая релаксация. Упругость дислокаций. Линейная упругость. Внешние и внутренние напряжения. Упругие поля, связанные с дефектами. Простые топологические характеристики дислокаций. Дислокации в кристаллах. Несовершенные дислокации. Дефекты упаковки и двойники. Линейное натяжение. Элементарные перемещения дислокации. Диффузия точечных дефектов и самодиффузия. Границы зерен и заполнение пространства. Динамические свойства: общие особенности, неустойчивости. Неустойчивости в изначально бездефектных кристаллических частицах..

1.4. Атомное и молекулярное упорядочения

Атомный порядок. Плотность упаковки. Плотная упаковка жестких дисков. Плотная упаковка в трех измерениях. Пустоты между сферами. Роль симметрии. Геометрическая фрустрация. Линии дислокаций. Несоразмерные фазы и квазикристаллы. Молекулярное упорядочение. Пластические кристаллы. Классификация мезоморфных фаз. Нарушения кристаллического порядка. Слабые нарушения. Сильные нарушения. Пространство параметра порядка. Кристаллические твердые тела. Элементы теории групп. Переходы порядок-беспорядок в сплавах. Параметр порядка. Характерные длины.

2. Процессы протекания, перкогяция и фрактальные характреристики композиционных материалов

2.1. Особенности кластерных кристаллических образований

Эффективные радиусы ионов. Ионные радиусы химических; элементов. Определение ионных и атомных радиусов. Метод изображения кристаллических структур шарами разных размеров. Координационные числа. Типы полиэдров. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами. Поляризация. Поляризация иона в кристалле. Роль химических связей. Зависимость размеров атомов и ионов от координационных чисел. Структурный тип перовскита, шпинели, граната, алмаза и другие типы структур. Слоистые структуры. Стекла и аморфные соединения. Полимеры..

2.2. Самоорганизация

Самоорганизующиеся упорядоченные нанокристаллические структуры. Литографические методы. Нелитографические методы создания периодических структур. Упорядоченные пористые нанокристаллические материалы. Понятие фотонного кристалла. Упорядоченный пористый анодный оксид алюминия. Плазменные методы. Специфика используемого плазменного оборудования.

2.3. Связь электроники и квантовой физики

Основные представления квантовой механики. Квантовая модель атома. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Микрочастица в прямоугольной потенциальной яме. Роль примесных ионов в формировании специальных свойств материалов. Энергетический спектр примесных ионов. Квантовые числа и обозначение энергетических уровней. Туннельный эффект. Квантоворазмерные эффекты. Имплантированные квантовые точки в структуре SiGe..

2.4. Простейшие виды низкоразмерных объектов

Энергетический спектр кристалла. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных областях. Полупроводниковые нанокристаллические материалы в твердотельной электронике..

2.5. Атомное молекулярное упорядочение

Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Примесные атомы на поверхности. Молекулярные орбитали. Поверхность металлов и оксидов металлов (электронные свойства). Поверхность металлов и оксидов металла (магнитные свойства). Поверхностные центры кислотного и основного типа. Адсорбция. Катализ. Примеры каталитических превращений с участием поверхности твердого тела и нанокластеров..

2.6. Особенности свойств, связанные с малым размером частиц

Фазовые и структурные состояния в ультрадисперсных средах. Фазовые диаграммы диспергированных систем. Аморфные фазы. Влияние остаточных газов на фазовое равновесие ультрадисперсных частиц с газовой фазой. Образование ультрадисперсных частиц в переохлажденном расплаве. Экспериментальное изучение эффекта нерастворимых примесей. Диффузия. Физико-математические основы диффузии. Гомогенная кристаллизация ультрадисперсных металлических частиц. Физические свойства ультрадисперсных сред. Отличие частиц, полученных методами порошковой металлургии, от ультрадисперсных частиц. Механические свойства. Электрические свойства. Магнитные, оптические и тепловые свойства..

3. Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц

3.1. Структура поверхности и межфазных границ

Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты. Термодинамический подход при анализе свойств поверхности Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела. Термодинамика криволинейной поверхности. Термодинамические аспекты поверхности. Структура поверхности. Структура поверхности и межфазных границ..

3.2. Нуклеация и рост нанокластеров

Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества. Нуклеация и рост кластеров гидроксида железа в нанопорах. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных

реакций. Твердотельная нуклеация и рост кластеров. Пример термического разложения оксалата железа. Тонкие пленки. Формирование твердотельных нанокластеров.

4. Электрическая проводимость сложных гетерогенных систем

4.1. Твердотельные химические реакции

Твердотельные химические реакции. Механохимические превращения. Ударно-волновой синтез. Наноструктурирование под действием давления со сдвигом. Наноструктурирование путем кристаллизации аморфных структур. Компактирование (консолидация) нанокластеров. Дефекты и напряжения в твердотельных наноструктурах. Современные композиционные керамические нанокристаллические. Классификация композиционных материалов. Керамика в современной технике..

4.2. Нанокерамики и нанокомпозиты

Нанокристаллические материалы (нанокерамики и нанокомпозиты). Применение наноразмерных сегнетоэлектрических материалов. Пористая пьезокерамика. Высокочастотные диэлектрические свойства наноразмерных пленок титаната-цирконата свинца. Структурно-чувствительные свойства нанокомпозитов. Границы раздела в наноматериалах. Особенности структуры субмикрокристаллических металлов. Наноструктура неупорядоченных систем. Аномалии механического поведения. Твердофазные топохимические реакции. Тепловые и электрические свойства. Магнитные свойства. . Получение полупроводникового материала. Получение эпитаксиальных структур..

3.3. Темы практических занятий

1. 1.Условная классификация материалов по размеру D частиц (зёрен). Взаимодействие частиц. Эмпирические потенциалы взаимодействия;
2. 2.Эффективные радиусы ионов. Ионные радиусы химических; элементов. Типы химических связей. Структурный тип перовскита, шпинели, граната, алмаза;
3. 3.Поверхность монокристаллов, нанокластеров.. Фазовые и структурные состояния в ультрадисперсных средах. Гомогенная кристаллизация ультрадисперсных частиц;
4. 4.Связь электроники и квантовой физики. Понятие о потенциальных ямах и барьерах. Микрочастица в прямоугольной потенциальной яме;
5. 5.Прогнозирование поведения свойств композиционных полупроводниковых материалов. Формирование нанокластеров. Твердотельные химические реакции;
6. 6.Атомные и молекулярные орбитали. Поверхность монокристаллов и нанокластеров. Примесные атомы на поверхности;
7. 7.Количественные характеристики хаоса. Фракталы и сложная упорядоченность. Фракталы и явления роста. Дробная размерность. Основные концепции фракталов.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы физики композиционных материалов"
2. Консультации проводятся по разделу "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы физики композиционных материалов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Конденсированная среда, дислокации, атомное и молекулярное упорядочения"
3. Консультации проводятся по разделу "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
основные процессы, протекающих в композиционных материалах электронной техники,	ИД-1$_{ПК-3}$					
влияние структурных характеристик на свойства композиционных материалов;	ИД-1$_{ПК-3}$					
физико-химические свойства композиционных материалов;	ИД-2$_{ПК-3}$					
основные физико-математические модели, используемые в области физики полупроводниковых композиционных материалов	ИД-2$_{ПК-3}$					
Уметь:						
интерпретировать электрофизические характеристики полупроводниковых и диэлектрических композиционных материалов	ИД-1$_{ПК-3}$					
объяснять на основе физико-математических моделей характеристики полупроводниковых композиционных материалов	ИД-1$_{ПК-3}$					
рассчитывать электрические характеристики полупроводниковых композиционных материалов для различных областей их использования	ИД-2$_{ПК-3}$					
применять физико-математические модели при разработке композиционных материалов	ИД-2$_{ПК-3}$					

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
	отсутствует	

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика композиционных материалов

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ: Неделя КМ:
1	Основы физики композиционных материалов	
1.1	Основные понятия в области композиционных материалов наноэлектроники	
1.2	Конденсированная среда: общие характеристики, химическая связь	
1.3	Дислокации в твердых телах	
1.4	Атомное и молекулярное упорядочения	
2	Процессы протекания, перкогяция и фрактальные характреристики композиционных материалов	
2.1	Особенности кластерных кристаллических образований	
2.2	Самоорганизация	
2.3	Связь электроники и квантовой физики	
2.4	Простейшие виды низкоразмерных объектов	
2.5	Атомное молекулярное упорядочение	
2.6	Особенности свойств, связанные с малым размером частиц	
3	Особенности структуры и свойств, связанные с малым размером частиц	
3.1	Структура поверхности и межфазных границ	
3.2	Нуклеация и рост нанокластеров	
4	Электрическая проводимость сложных гетерогенных систем	
4.1	Твердотельные химические реакции	

4.2	Нанокерамики и нанокомпозиты
	Вес КМ, %: