

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

"СОГЛАСОВАНО"

"УТВЕРЖДЕНО"

Зав. кафедрой БМПЭ

Декан ФЭ

\_\_\_\_\_ С.П. Вихров

\_\_\_\_\_ Н.М.Верещагин

УЧЕБНЫЕ ПЛАНЫ (РАБОЧАЯ ПРОГРАММА)  
по научным направлениям школы-семинара студентов, аспирантов и молодых  
ученых «НАНОМАТЕРИАЛЫ – 2010»

## 1. Цели и задачи школы-семинара

Актуальность проведения школы-семинара определяется необходимостью улучшения качества подготовки специалистов высшей квалификации для таких основополагающих отраслей, как приборостроение (особенно медицинское); энергетическое, транспортное и специальное машиностроение; электронная и радиотехническая промышленность. Участие России в создании nanoиндустрии и формировании рынка соответствующей техники во многом определит ее экономические возможности и безопасность. В этой связи первоочередной задачей является подготовка специалистов новой формации (в том числе высшей квалификации) для nanoиндустрии, учитывая широту и сложность решаемых при этом проблем.

Основной целью школы-семинара, является повышение качества подготовки бакалавров, магистров и специалистов, повышение квалификации аспирантов и молодых ученых, обучающихся и работающих по отдельным направлениям ННС (nanoинженерия, наноматериалы, nanoэлектроника, nanoбиотехнология).

Поставленные цели достигаются за счет решения следующих основных задач проекта:

- выполнение организационных работ по обеспечению проведения ежегодных школ-семинаров студентов, аспирантов и молодых ученых;
- создание методического обеспечения школы-семинара;
- предоставление образовательных услуг, связанных с подготовкой и чтением ведущими российскими учеными обзорных лекций по направлениям школ;
- проведение организационно-методических работ по подготовке макетов учебных планов, конспектов лекций по научным направлениям школ, методических пособий для проведения семинарских занятий, лабораторного практикума, инженерного тренинга, сборника трудов студентов, аспирантов и молодых ученых;
- выполнение работ по созданию баз данных участников с развиваемыми ими научными направлениями и достигнутыми успехами в отдельных областях nanoиндустрии;
- оказание услуг по размещению информации о школе – семинаре на Интернет-ресурсе РГРТУ.

Материалы, создаваемые в процессе выполнения работы, должны широко использоваться в учебном процессе при обучении студентов и аспирантов по целому ряду направлений nanoиндустрии.

Постоянно действующая школа-семинар студентов, аспирантов и молодых ученых РФ способствует привлечению руководителей научных организаций и промышленных предприятий, к содействию организации и проведению мероприятия, расширению «географии» участников, проведению в рамках школы конкурсов инновационных проектов, организации грантов, ярмарки рабочих мест.

Проведение Всероссийской школы-семинара позволяет интенсифицировать и повысить уровень научной работы студентов в области

наноматериалов. Заслушивание докладов и сообщений ведущих ученых, принадлежащих к различным научным школам, отличающихся друг от друга опытом работы, методической и теоретической подготовкой, их участие в проведении мастер классов и круглых столов, призвано существенно расширить научный кругозор участников – студентов, аспирантов и молодых ученых.

В данном учебном плане представлено содержание лекций и семинарских занятий, посвященных неупорядоченным полупроводникам, особенностям синтеза наноструктурированных материалов, аморфным материалам, халькогенидам, особенностям их получения и диагностики.

## 2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы		Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины		84
Аудиторные занятия		48
Лекции		36
Лабораторные работы (ЛР)		8
Самостоятельная работа		24
Индивидуальная работа		16
Вид итогового контроля	зачет	
	экзамен	

## 3. Содержание дисциплины

### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	Инженерный тренинг	Мастер-класс
1	Диагностика наноматериалов	8	4		3
2	Аморфные и наноструктурированные материалы	13		1	1
3	Наноматериалы на основе углерода и его соединений	2			
4	Нанокпозиционные материалы	1			
5	Органические и полимерные наноматериалы	1			
6	Магнитные наноматериалы	1			
7	Бионаноматериалы	2			

3.2. Содержание разделов дисциплины.

3.2.1. **Диагностика наноматериалов**

**1. Комплексная диагностика квантоворазмерных светодиодных гетероструктур на основе нитридов  $A^3B^5$**

Атомно-силовая микроскопия. Рентгеноспектральный микроанализ. Динамическая вторично-ионная масс-спектрометрия. Рентгенодифракционные исследования. Локальная катодолюминесценция. Высокорастворяющая просвечивающая электронная микроскопия. Оже-профилирование и фотоэлектронная спектроскопия омического контакта.

**2. Нанотехнологии в микро- и нанoeлектронике: Современные технологические и аналитические возможности**

СЗМ для нанoeлектронной промышленности. Приборостроение для нанотехнологии – состояние и перспективы развития. СЗМ для широкого круга исследований – концепция НаноЛаборатории.

**3. Особенности применения сканирующей зондовой микроскопии для реализации неразрушающих тактильных исследований живых клеток**

Ионная сканирующая микроскопия. Закон внутреннего трения Ньютона. Измерение локальной жесткости методом сканирующей зондовой микроскопии. Исследование живых клеток.

**4. Полупроводниковые гетероструктуры с множественными квантовыми ямами на основе нитридов для современных светодиодов: физика и диагностика**

Классификация гетероструктур. Основы физики гетероструктур с множественными квантовыми ямами (МКЯ). Диагностика МКЯ-структур. Особенности соединений  $A^3B^5$  на основе нитридов алюминия и галлия. Современное состояние и перспективы применения указанных соединений.

**5. Наноразмерные флуктуации состава в полупроводниках**

Понятие о флуктуациях состава твердого раствора. Потенциальный профиль флуктуаций идеального сплава. Флуктуации состава в сплавах HgCdTe. Спектры фотолуминесценции сплавов HgCdTe. Форма линии излучения связанных экситонов.

**6. Исследование полупроводниковых наноструктур при совместном использовании зондовой микроскопии и релаксационной спектроскопии**

Физические основы релаксационной спектроскопии глубоких уровней (РСГУ). Особенности применения РСГУ для исследования наноструктур. Физические основы метода исследования электронных состояний, основанного на совместном использовании релаксационной спектроскопии и зондовой микроскопии.

## **7. Рентгеноскопия объектов на микро- и наноуровне**

Рентгеновские методы исследования структуры твердых тел. История развития рентгеноскопии. Рентгеновский структурный анализ. Рентгеновский спектральный анализ. Рентгеноскопия. Применение рентгеновского излучения для исследования микронеоднородностей.

## **8. Основы сканирующей зондовой микроскопии и методы ее применения в современных научных исследованиях**

Основы сканирующей зондовой микроскопии. Измерительные комплексы, изготавливаемые ЗАО NT MDT. Целевое назначение комплексов. Основные технические параметры и уникальность оборудования.

### **3.2.2. Аморфные и наноструктурированные материалы**

#### **1. Циклическое плазмохимическое осаждение наноструктурированных пленок аморфного гидрогенизированного кремния и их свойства**

Аморфный гидрогенизированный кремний и его применение в электронике и фотонике. Технология получения тонких пленок a-Si:H и возможности модифицирования их свойств. Методы исследования, используемые для изучения структуры аморфного гидрогенизированного кремния.

#### **2. Тонкопленочные солнечные модули на основе аморфного и микрокристаллического кремния по технологии и на оборудовании фирмы "OERLIKON"**

Глобальные энергетические проблемы. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Фотовольтаика. Принцип действия СЭ. Ограничение Шокли-Квиссера. Более полное использование солнечного спектра. Модификация спектра излучения. Использование избыточной энергии фотогенерированных носителей

#### **3. Применение теории сложных систем и самоорганизации к технологиям наноструктурированных материалов**

Методологический подход к изучению процессов образования конденсированных структур с точки зрения теории самоорганизации. Модель неупорядоченного состояния, описывающая процесс образования аморфной структуры в виде одномерного отображения. Проблема невоспроизводимости структуры неупорядоченных материалов. Принципы построения технологических систем.

#### **4. Контактные явления в наноструктурированных материалах**

Особенности формирования выпрямляющих и невыпрямляющих контактов к неупорядоченным полупроводникам. Механизмы токопрохождения. Распределение потенциала в барьерных контактах на основе наноструктурированных полупроводников. Параметры и характеристики.

## **5. Свойства аморфных наноструктур чистых металлов**

Методы формирования аморфных наноструктур. Формирование аморфных пленок чистых металлов. Методы формирования аморфных наноструктур (общие требования). Импульсные методы формирования аморфных наноструктур. Формирование наноструктур в стационарной плазме. Свойства аморфных наноструктур. Структуры, формируемые методом лазерного электродиспергирования. Структуры, формируемые стационарными методами.

## **6. Размерные эффекты в материалах фазовой памяти**

Концепция фазовой памяти. Халькогенидные сплавы, используемые в рсм ячейках. Энергонезависимая фазовая память. Типы устройств фазовой памяти. Физико-химические параметры материалов, критичные для работы устройств фазовой памяти. Свойства соединения  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ . Термический анализ GST225.

## **7. Устройства записи и обработки оптической информации на аморфных полупроводниках**

Принципы формирования устройств записи и обработки оптической информации. Основные тенденции в развитии оптических носителей информации. Перспективы применения аморфных полупроводников.

## **8. Физика эффектов переключения и памяти в халькогенидных стеклообразных полупроводниках: современное состояние и проблемы**

Электронно-тепловая теория эффектов переключения и памяти. Схема адиабатических термов в модели Хуанга и Рис. Термоионизация и захват при классическом описании ядер. Термоионизация при квантовом описании ядер. Аналитический расчет и оценка области применимости. Численный расчет вероятности термоионизации. Построение ВАХ.

## **9. Нанокристаллы кремния в фотонике.**

Закон Мура, перспективы и проблемы микроминиатюризации интегральных схем. КМОП технология. Устройства для фотоники на основе кремниевой технологии. Проблемы создания источников излучения на основе монокристаллического кремния. Основные представления об особенностях физики нанобъектов. Плотность электронных состояний в нанобъектах различной размерности. Методы получения нанокристаллов кремния. Источники излучения на основе нанокристаллов кремния. Элементы фотонных устройств на основе нанокристаллов кремния. Использование нанокристаллов кремния для повышения эффективности тонкопленочных солнечных элементов.

## **10. Новое поколение солнечных элементов: использование достижений нанотехнологии**

Современные проблемы мировой энергетики. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Фотовольтаика. Принцип действия СЭ.

Ограничение Шокли-Квиссера. Направления развития солнечной энергетики. Разработка солнечных элементов с низкой стоимостью и относительно невысоким КПД. Разработка солнечных элементов с высоким КПД и относительно высокой их стоимостью. Более полное использование солнечного спектра. Каскадные солнечные элементы. Каскадные СЭ на основе Si с квантовыми точками. СЭ с p-i-n-структурой на основе квантовых ям. Использование полупроводников со сложной структурой энергетических зон. Модификация спектра излучения. СЭ с устройствами понижения и повышения энергии падающих фотонов. Солнечные элементы с люминесцентными концентраторами излучения. Использование избыточной энергии фотогенерированных носителей. Многократное возбуждение носителей. Сбор горячих носителей до их термализации.

#### **11. Новые закономерности в науке о стекле и их связь со свойствами наногетероморфных стеклообразных полупроводников и диэлектриков**

Физико-химический подход к проблемам образования и релаксации некристаллических форм вещества. Классификация твердых некристаллических веществ. Применение некристаллических материалов и веществ. Существующие модели и гипотезы строения стекла. Экспериментальные факты и парадокс: проявление свойств различных кристаллических полиморфных модификаций (ПМ) в стекле, не содержащем кристаллов. Ближний и промежуточный порядки (БП и ПП) в стекле. Сходство строения стекла и стеклообразующей жидкости. Процесс стеклования и генетическая связь между релаксационными процессами в кристаллическом веществе, стекле и стеклообразующей жидкости. Новое определение процесса стеклования и температуры стеклования ( $T_g^-$  и  $T_g^+$ ). Концентрационное соотношение полиморфоидов (КСП). Новое понятие: наногетероморфизм. Наногетероморфизм в одно- и многокомпонентных системах. Некристаллические углерод и кремний.

#### **12. Свойства наноструктурированных узкозонных полупроводников на основе халькогенидов свинца: особенности технологии и диагностики**

Эффективное значение ширины запрещенной зоны нанокристалла возрастает с уменьшением геометрических размеров. Перспективы использования наночастиц узкозонных полупроводников в качестве квантовых точек в солнечных элементах на основе аморфного кремния. Перспективы использования твердых растворов халькогенидов свинца с халькогенидами редкоземельных элементов и халькогенидами щелочно-земельных элементов в приборах с квантоворазмерными эффектами.

#### **13. Полупроводниковые нитевидные нанокристаллы: получение, свойства и применение**

Специфические особенности технологических методов получения ННК. Фазовый состав ННК. Управление линейными размерами и формой ННК. Направленное легирования ННК. Формирование продольных и поперечных

гетероструктур в ННК. Формирование электрических переходов в ННК. Оптические свойства ННК. Электрические свойства ННК. Оптоэлектронные приборы на базе ННК. Управляющие электронные приборы на базе ННК.

### 3.2.3. **Наноматериалы на основе углерода и его соединений**

#### 1. **Модификации аморфного гидрогенизированного углерода, соединение с кремнием: получение и свойства**

Стоксовский сдвиг фотолюминесценции. Антистоксовский сдвиг. Положительная и отрицательная корреляционная энергия. Дефекты в аморфных гидрогенизированных пленках. Понятие о ближнем порядке.  $sp^2$  и  $sp^3$  гибридизации. Механизм генерации и рекомбинации в a-C:H. Энергия активации проводимости на постоянном токе аморфных полупроводников. Спектр возбуждения люминесценции. Спектр возбуждения люминесценции a-C:H и a-Si:H.

#### 2. **Электронное строение свойства и применения углеродных нанотрубок**

Аллотропические формы углерода. Получение нанотрубок. Металлы и полупроводники. Нанотрубки для электроники. Механические и электромеханические эффекты. Адсорбционные свойства. Капиллярные эффекты. Нанотрубки для композитов. Термометр для нанообъектов.

### 3.2.4. **Наноконпозиционные материалы**

#### 1. **Проводящие полимеры и композиты полимер-неорганические наночастицы для оптоэлектроники**

Механизмы генерации и рекомбинации носителей заряда в композитных пленках полимер – неорганические наночастицы. Особенности полимерных и композитных солнечных элементов. Перспективы применения полимерных и композитных материалов в устройствах оптоэлектроники.

### 3.2.5. **Органические и полимерные наноматериалы**

#### 1. **Проводящие полимеры и композиты полимер-неорганические наночастицы для оптоэлектроники**

Проводящие полимеры. Основные механизмы транспорта носителей заряда в легированных полимерах вблизи перехода металл-диэлектрик. Структура и принцип работы органического светодиода (OLEDs). Структура и принцип работы органического полевого транзистора (OFETs). Основные преимущества дисплеев на основе OLEDs. Преимущества активных слоев OLEDs на основе композитов полимеров с неорганическими наночастицами. Управление цветом излучения OLEDs.

### 3.2.6. Бионаноматериалы

#### 1. Основы построения измерительно-вычислительных систем с использованием наноструктурированных материалов и нейробионических технологий

Нейрокомпьютеры, перспективы их развития на основе нанотехнологий. Особенности построения нейроэлементов и сетей на основе нанотехнологий. Основные принципы построения и разновидности математического нейрона с возможностью его реализации как наносистемы. Разновидности нейрочипов, для реализации ИНС. Направления разработки и реализации аналоговых и анало-цифровых нейрочипов. Возможности построения нейронов на основе ДНК-молекул. Возможность построения нейронов на основе одноэлектронного туннелирования.

#### 2. Бионаноматериалы и технологии

Наноматериалы - основные объекты нанобиотехнологий. Самосборка и самоорганизация. Генная инженерия. Искусственные мембраны. Наноконтейнеры, нанореакторы, мицеллы. Молекулярные пинцеты. ротаксаны и катенаны. Мембраны для диализа и гемолиза. Биодеструктурируемые эндопротезы.

### 3.2.7. Магнитные наноматериалы

#### 1. Спиновые светоизлучающие структуры: вопросы технологии материалов и перспективы развития

Приборы спинтроники. Спиновый полевой транзистор. Спиновый светоизлучающий диод. Ферромагнитные полупроводники.

## 4. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	4.2.1	Изучение устройства и принципа работы АСМ в режиме удаленного доступа
2	4.2.1	Получение скана изображения топологии образца на СЗМ NanoEducator в режиме удаленного доступа
3	4.2.1	Исследование поверхности методом СТМ в режиме удаленного доступа
4	4.2.1	Проведение сканирующей зондовой литографии на АСМ NanoEducator в режиме удаленного доступа

6. **Инженерный тренинг:** «Проведение патентного поиска и выбора прототипа с помощью международной патентной классификации при подготовке заявки на патент в области нанотехнологий»

7. **Мастер-класс:**

7.1 «Изучение устройства и принципа работы АСМ».

7.2 «Реализация удаленного доступа к нанодиагностическому оборудованию центров коллективного пользования».

7.3 «Изучение устройства и принципа работы СТМ».

7.4 «Применение теории самоорганизации для описания структурообразования неупорядоченных полупроводников».

8. **Семинар:** «Наноструктурированные материалы: примеры и применения»,

«Взаимодействие естественных и искусственных полей и излучений с биологическими объектами»

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электроника и наноэлектроника".

Программу составил  
д.ф.-м.н., профессор,  
зав. кафедрой БМПЭ

Вихров С.П.

Программа рассмотрена и одобрена  
на заседании кафедры БМПЭ \_\_\_\_\_ (протокол № )

Учебно-тематический план  
повышения квалификации специалистов  
по программе «Нанотехнологии: методы получения наноматериалов и наноструктур»

Тема/раздел	Кол-во часов
1. Методы синтеза наночастиц	24
1.1. Газофазный синтез	
1.2. Плазмохимический синтез	
1.3. Осаждение из коллоидных растворов	
1.4. Термическое разложение и восстановление	
1.5. Механосинтез	
1.6. Детонационный синтез и электровзрыв	
1.7. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	
3.1.8. Упорядочение нестехиометрических соединений	
3.1.9. Детонационный синтез и электровзрыв	
3.1.10. Импульсные лазерные методы	
.2. Методы синтеза объемных наноструктурированных материалов	16
2.1. Компактирование нанопорошков	
2.2. Молекулярно-лучевая эпитаксия и другие методы осаждения на подложку	
2.3. Кристаллизация аморфных сплавов	
2.4. Интенсивная пластическая деформация	
2.5. Превращения беспорядок - порядок	
2.6. Получение нанопористых материалов	
3. Зондовые нанотехнологии	22
3.1. Основные методы создания наноструктур	
3.2. Зондовые методы нанолитографии	
.3.3. Метод локального анодного окисления	
3.4. Зондовое формирование металлических квазиодномерных проводников	
3.5. Зондовое формирование полимерных проводников	
3.6. Зондовые методы формирования проводников на основе углеродных нанотрубок	
3.7. Зондовое формирование полимерных проводников	
3.8. Репозиционирование и модифицирование углеродных нанотрубок на подложке	
3.9. Локальное зондовое легирование поверхности полупроводников	
4. Самосборка и катализ	12
4.1. Процесс самосборки и катализа	
4.2. Полупроводниковые островковые структуры	
4.3. Монослои	
4.4. Пористые материалы	
4.5. Столбчатые глины	
4.6. Коллоиды	
5. Процессы самоорганизации в неупорядоченных системах	16
6. Самосборка в биологических системах: синтез белка	10
7. Методы создания наноразмерных сверхпроводниковых структур	8
Итого	108

Регистрационная карточка на программу ДПО

1.	Наименование программы Нанотехнологии: методы получения наноматериалов и наноструктур
1.1.	Шифр программы:
1.2.	Аннотация: Рассмотрены основные методы получения наноматериалов и наноструктур, процессы самоорганизации и самосборки в неупорядоченных и биологических системах Характеристика контингента слушателей: Инженеры, молодые специалисты, ученые, специализирующиеся в областях, смежных с нанотехнологиями
1.3.	Объем программы: 108 часов
1.4.	Реализация: за счет договоров
1.5.	ФИО, контактный телефон и электронный адрес ответственного лица: Авачев Алексей Петрович. (4912) 46-02-99, me@rgta.ryazan.ru

Учебно-тематический план  
повышения квалификации специалистов  
по программе «Практическое использование нанотехнологий в технике и электронике»

Тема/раздел	Кол-во часов
1. Электронные приборы на наноструктурах 1.1. Биполярные транзисторы на гетеропереходах 1.2. Туннельно-резонансные транзисторы 1.3. Транзисторы на горячих электронах 1.4. Модуляционно-легированные полевые транзисторы (MODFET) 1.5. Одноэлектронные транзисторы	18
2. Оптоэлектронные устройства на основе наноструктур 2.1. Фотодетекторы на квантовых ямах и сверхрешетках 2.2. Модуляторы на квантовых ямах и напряженных структурах с квантовыми ямами 2.3. Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах 2.4. Лазеры на квантовых ямах 2.5. Лазеры на квантовых точках 2.6. Поверхностные лазеры с вертикальным резонатором (VCSEL) 2.7. Сенсоры на основе оптических волноводов с фотонно-кристаллической структурой	24
3. Применение углеродных кластеров, нанотрубок и монослоев 3.1. Механическое упрочнение 3.2. Топливные элементы 3.3. Химические сенсоры 3.4. Катализаторы 3.5. Транзисторные структуры и экранирование	12
4. Элементы памяти 4.1. Элементы памяти на основе углеродных нанотрубок 4.2. Элементы памяти на основе неупорядоченных полупроводников 4.3. Элементы памяти на основе органических и полимерных соединений 4.4. Ферромагнитная память 4.5. Энергонезависимая флэш-память	28
5. Наномашины и наноприборы 5.1. Микромеханические системы 5.2. Наноэлектромеханические системы 5.3. Молекулярные и супермолекулярные триггеры 5.4. Биомедицинские наносенсоры и бионаносенсоры 5.5. Внутрисосудистые микро- и нанороботы	16
6. Нанокompозиты и нанокерамика	6
7. Военные нанотехнологии	16
<b>Итого</b>	<b>120</b>

Регистрационная карточка на программу ДПО

1.	Наименование программы Практическое использование нанотехнологий в технике и электронике
1.1.	Шифр программы:
1.2.	Аннотация: Представлены основные области использования нанотехнологии в технике и электронике Характеристика контингента слушателей: Инженеры, молодые специалисты, ученые, специализирующиеся в областях, смежных с нанотехнологиями
1.3.	Объем программы: 120 часов
1.4.	Реализация: за счет договоров
1.5.	ФИО, контактный телефон и электронный адрес ответственного лица: Вишняков Николай Владимирович. (4912) 46-2-99, me@rgrta.ryazan.ru

Учебно-тематический план  
повышения квалификации специалистов  
по программе «Методы исследования наноматериалов и наноструктур»

Тема/раздел	Кол-во часов
1. Дифракция электронов 1.1. Дифракция медленных электронов 1.2. Дифракция отраженных быстрых электронов	8
2. Полевые методы 2.1. Полевой электронный микроскоп 2.2. Полевой ионный микроскоп	6
3. Сканирующая зондовая микроскопия 3.1. Туннельная микроскопия 3.2. Атомно-силовая микроскопия	20
4. Электронная микроскопия 4.1. Рентгеновская фотоэлектронная микроскопия 4.2. Ультрафиолетовая электронная микроскопия 4.3. Электронная Оже-микроскопия	20
5. Рентгеновская спектроскопия и дифракция 5.1. Малоугловое рентгеновское рассеяние 5.2. Рентгеновская спектроскопия поглощения EXAFS, XANS, NEXAFS	10
6. Оптическая и колебательная спектроскопии	10
7. Мессбауэровская (гамма-резонансная ) спектроскопия (МС) 7.1. Адсорбционная и эмиссионная МС 7.2. МС конверсионных электронов 7.3. Резеевское рассеяние мессбауэровского излучения 7.4. Временная МС резонансного рассеяния 7.5. Неупругое ядерное резонансное рассеяние	14
8. Радиоспектроскопия 8.1. Ядерный магнитный резонанс 8.2. Электронный парамагнитный резонанс	18
<b>Итого</b>	<b>106</b>

## Регистрационная карточка на программу ДПО

1.	Наименование программы Методы исследования наноматериалов и наноструктур
1.1.	Шифр программы:
1.2.	Аннотация: Представлены основные методы исследования наноматериалов и наноструктур Характеристика контингента слушателей: Инженеры, молодые специалисты, ученые, специализирующиеся в областях, смежных с нанотехнологиями
1.3.	Объем программы: 106 часов
1.4.	Реализация: за счет договоров
1.5.	ФИО, контактный телефон и электронный адрес ответственного лица: Литвинов Владимир Георгиевич, (4912) 46-02-99, vglit@yandex.ru

Учебно-тематический план  
повышения квалификации специалистов  
по программе «Физические явления и эффекты в наноструктурах»

Тема/раздел	Кол-во часов
1. Процессы переноса в мезо- и наноструктурах 1.1. Продольный перенос. Механизмы рассеяния электронов 1.2. Поперечный перенос. Резонансное туннелирование 1.3. Квантовый перенос в наноструктурах. Квантовая проводимость. Кулоновская блокада. Кулоновский взрыв	10
2. Процессы переноса в магнитных полях 2.1. Эффект Аронова – Бома 2.2. Эффект Шубникова – де Гааза 2.3. Квантовый эффект Холла	8
3. Оптические и электрооптические процессы в квантовых структурах 3.1. Квантовый эффект Штарка 3.2. Эффект Шубникова – де Гааза 3.3. Лестницы Штарка и осцилляции Блоха	16
4. Экситонные эффекты в квантовых ямах	10
5. Ферромагнетизм в наноструктурах 5.1. Влияние наноструктурирования на магнитные свойства материалов 5.2. Эффект гигантского и колоссального магнитосопротивления 5.3. Ферромагнитные жидкости 5.4. Магнитные частицы в нанопорах	16
6. Эффект переключения и памяти в наноструктурах на основе неупорядоченных полупроводников 6.1. Электронное переключение 6.2. Фотоиндуцированное переключение	26
7. Влияние размера кластеров и границ раздела на свойства наноматериалов 7.1. Аномалии механического поведения 7.2. Тепловые, электрические и магнитные свойства	10
<b>Итого:</b>	<b>96</b>

Регистрационная карточка на программу ДПО

1.	Наименование программы Физические явления и эффекты в наноструктурах
1.1.	Шифр программы:
1.2.	Аннотация: Рассмотрены основные физические явления и эффекты в наноструктурах, влияние размера нанокластеров на свойства наноматериалов Характеристика контингента слушателей: Инженеры, молодые специалисты, ученые, специализирующиеся в областях, смежных с нанотехнологиями
1.3.	Объем программы: 96 часов
1.4.	Реализация: за счет договоров
1.5.	ФИО, контактный телефон и электронный адрес ответственного лица: Вишняков Николай Владимирович. (4912) 46-02-99, me@rgta.ryazan.ru

Учебно-тематический план  
повышения квалификации специалистов  
по программе «Физика твердого тела и наноструктур»

Тема/раздел	Кол-во часов
1. Атомная структура 1.1. Кристаллическая решетка 1.2. Аморфная сетка 1.3. Кластеры. Нанотрубки. Монослои	12
2. Структура энергетических зон 2.1. Диэлектрики, полупроводники и полупроводники 2.2. Энергетические зоны и щели в полупроводниках 2.3. Локализованные частицы и квазичастицы: доноры, акцепторы, ловушки, экситоны, фононы	18
3. Неупорядоченные системы: особенности электронных состояний, локализованные состояния. Наноструктура неупорядоченных систем	28
4. Физика наноразмерных структур 4.1. Характеристические длины в мезо- и наноскопических системах 4.2. Плотность состояний и размерность системы 4.3. Квантово-механическая когерентность 4.4. Квантовые ямы, проволоки и точки 4.5. Сверхрешетки 4.6. Гетеропереходы	22
5. Физика волноводных наноразмерных структур 5.1. Фотонные кристаллы. Формирование фотонной запрещенной зоны 5.2. Оптические волокна с фотонно-кристаллической структурой	5
6. Физика биологических материалов и наноструктур 6.1. Биологические строительные блоки. Полипептидные нанопроволоки и белковые наночастицы 6.2. Биологические наноструктуры: белки, мицеллы и везикулы, многослойные пленки	12
	100

## Регистрационная карточка на программу ДПО

1.	Наименование программы №1 Физика твердого тела и наноструктур
1.1.	Шифр программы:
1.2.	Аннотация: Рассмотрены вопросы основ физики твердого тела и наноструктур Характеристика контингента слушателей: Инженеры, молодые специалисты, ученые, специализирующиеся в областях, смежных с нанотехнологиями
1.3.	Объем программы: 100 часов
1.4.	Реализация: за счет договоров
1.5.	ФИО, контактный телефон и электронный адрес ответственного лица: Литвинов Владимир Георгиевич. (4912) 46-02-99, vglit@yandex.ru